

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Л. А. НАЗАРЕНКО

К. І. ІОФФЕ

ШТУЧНЕ ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017**

УДК 628.93(075.8)
ББК 31.294-5я73-6
Н19

Автори:

Назаренко Леонід Андрійович, доктор технічних наук, професор кафедри світлотехніки і джерел світла;

Юффе Кристина Ігорівна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри світлотехніки і джерел світла

Рецензенти:

В. І. Карась, доктор фізико-математичних наук, професор, начальник лабораторії ХНУ «Харківський фізико-технічний інститут»;

Є. П. Тимофєєв, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник ННЦ «Інститут метрології»

*Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради
Харківського національного університету
міського господарства імені О. М. Бекетова,
протокол № 5 від 25. 11. 2016 р.*

Назаренко Л. А.

Н19 Штучне зовнішнє освітлення: навч. посібник / Л. А. Назаренко, К. І. Юффе ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 88 с.

Посібник присвячено розгляду питань проектування та експлуатації установок зовнішнього освітлення міських територій та утилітарного зовнішнього освітлення. Метою розробки навчального посібника є створення та формування знань принципів нормування та самих норм освітлення сучасного міста, характеристик установок утилітарного освітлення вулиць, доріг і майданів, засобів підвищення безпеки руху транспорту й пішоходів, створення безпечних і комфортних умов для жителів і гарного зовнішнього вигляду сучасного міста. Посібник присвячено розгляду питань проектування та експлуатації установок зовнішнього освітлення міських територій згідно міжнародних та національних норм та стандартів.

Рекомендовано студентам, аспірантам, науковцям та викладачам.

УДК 628.93(075.8)
ББК 31.294-5я73-6

© Л. А. Назаренко, К. І. Юффе, 2017
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 НОРМУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ.....	8
1.1 Класифікація об'єктів зовнішнього утилітарного освітлення.....	8
1.2 Освітлення вулиць, доріг і майданів.....	8
1.3 Освітлення пішохідних просторів.....	12
1.4 Освітлення пішохідних переходів.....	14
1.5 Освітлення просторів на територіях промислових підприємств.....	15
1.6 Освітлення просторів на територіях житлових районів.....	15
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 1.....	17
2 РОЗРАХУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ.....	18
2.1 Фотометрія освітлювальних приладів. Формування таблиці сили світла.....	18
2.2 Фотометрія дорожніх покриттів. Формування таблиці коефіцієнтів яскравості.....	21
2.3 Розрахування сили світла освітлювального приладу.....	30
2.4 Розрахування головних фотометричних показників.....	33
2.5 Розрахування нормативних параметрів.....	39
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 2.....	47
3 ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	47
3.1 Фотометричні вимірювання. Умови проведення	47
3.2 Нефотометричні вимірювання. Головні умови та вимоги.....	49
3.3 Порядок вимірювання освітленості дорожнього покриття.....	50
3.4 Порядок вимірювання яскравості дорожнього покриття.....	50
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 3.....	51
4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	52
4.1 Головні фактори, що впливають на зниження параметрів освітлювальних установок.....	52

4.2 Екологічні вимоги і їхнє врахування.....	54
4.3 Коефіцієнт запасу (коефіцієнт експлуатації).....	56
4.4 Технічне обслуговування освітлювальних установок.....	60
4.5 Економіка експлуатації установок зовнішнього освітлення.....	69
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 4.....	71
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК (ГЛОСАРІЙ).....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78
ДОДАТКИ.....	79
Додаток А. Класифікація об'єктів зовнішнього утилітарного освітлення.....	79
Додаток Б. Форми протоколу випробувань	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БІЛ – безелектродна індукційна лампа
ГПК – гранично припустима концентрація
ДП – дорожнє покриття
ДРЛ – дугова ртутна лампа
ДС – джерело світла
ІЗУ – імпульсний запалюючий устрій
КЛЛ – компактна люмінесцентна лампа
КСС – крива сили світла
ЛЛ – люмінесцентна лампа
МГЛ – металогалогенна лампа
НЛВТ – натрієва лампа високого тиску
НЛНТ – натрієва лампа низького тиску
ОП – освітлювальний прилад
ПРА – пускорегулююча апаратура
СД – світлодіод
СМЗ – синтетичний мийний засіб
ТКЯ – таблиця (редукованих) коефіцієнтів яскравості
ТСС – таблиця сили світла

ВСТУП

Зовнішнє освітлення є невід'ємною частиною благоустрою міст, забезпечує комфортне середовище, безпеку автомобільного й пішохідного руху в темну пору доби. Забезпечення світлового комфорту у вечірній і нічний час досягається шляхом раціонально обраних кількісних та якісних характеристик штучного освітлення, що регламентуються нормами.

У більшості великих міст, районних центрів та сіл України нинішній стан зовнішнього освітлення є незадовільним. Низька ефективність старих джерел світла, які не відповідають сучасним нормам, призводить до того, що споживання енергії на освітлення в Україні в 1,7 рази вище, ніж у розвинених країнах.

Річ у тім, що в українських населених пунктах для вуличного освітлення найчастіше використовуються малоефективні джерела світла. До того ж, старі конструкції світильників втратили властивості відбивачів і розсіювачів, що своєю чергою погіршує освітленість на 25–40 %.

У світі близько 19 % електроенергії, що виробляється, витрачається на освітлення, тому впровадження енергозберігаючих технологій із кожним роком стає все актуальнішим. Відомі декілька програм, реалізованих в Європі, Північній і Південній Америці, які спрямовані як на забезпечення енергозберігаючих способів освітлення, так і на збільшення економічності освітлювальних приладів (ОП).

Крім того, освітлення вносить вагомий внесок у додаткові навантаження на енергосистему в вечірні пікові години, що вимагає додаткових підключень генеруючих потужностей.

Рекомендації МКО містять обмеження рівнів вертикальної освітленості, створюваної випромінюванням освітлювальних приладів вуличного й архітектурного освітлення, що проникає через вікна будинків. Ці обмеження знайшли відображення також у діючих в Україні нормах природного та штучного освітлення.

Метою розробки навчального посібника є створення та формування знань принципів нормування та самих норм освітлення сучасного міста, характеристик установок утилітарного освітлення вулиць, доріг і майданів, засобів підвищення безпеки руху транспорту й пішоходів, створення безпечних і комфортних умов для жителів і гарного зовнішнього вигляду сучасного міста.

Посібник присвячено розгляду питань проектування та експлуатації установок зовнішнього освітлення міських територій та утилітарного зовнішнього освітлення міських територій згідно міжнародних та національних норм та стандартів.

Впровадження норм варто розглядати як важливий крок на шляху переходу до загальноєвропейських стандартів зовнішнього освітлення EN 13201 [1–3].

Наведено визначення головних термінів, що використовуються у зовнішньому освітленні міських територій та утилітарного освітлення, подано класифікацію освітлюваних міських просторів залежно від призначення, інтенсивності руху транспорту та інших параметрів, встановлено вимоги до нормованих показників освітлювальних установок, до проектування, розрахунку й експлуатації зовнішніх освітлювальних установок і виміру головних світлотехнічних параметрів [4–6].

1 НОРМУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Класифікація об'єктів зовнішнього утилітарного освітлення

Для забезпечення точнішого вибору рівнів освітлення прийнята класифікація об'єктів міських просторів, наведена в додатку А (табл. А. 1–А. 3).

Вулиці й дороги класифікують за їхньою значущістю в міському середовищі й інтенсивністю руху транспорту. Клас вулиці визначається за значущістю вулиці, а підклас – за інтенсивністю руху. Позначення класів і підкласів вулиць, доріг і майданів наведено в таблиці А. 1.

Пішохідні простори належать до класу П. Різновиди конкретних пішохідних просторів відповідно до класифікації наведено в таблиці А. 2.

Підклас пішохідних просторів визначається відповідно до таблиці А. 3 залежно від складності поля зору, складності зорової орієнтації, наявності в полі зору інших користувачів, підвищеного ризику кримінальних ситуацій, а також від необхідності розрізнення осіб і створення привабливого вигляду освітлювальної установки. Ця класифікація не поширюється на площадки для тихого й культурно-масового відпочинку, а також на підземний і надземні пішохідні переходи.

1.2 Освітлення вулиць, доріг і майданів

Освітлення проїзної частини вулиць і доріг із прямолінійною геометрією з регулярним транспортним рухом проектується з огляду на норму *середньої яскравості* удосконалених дорожніх покриттів згідно з таблицею 1.1.

Рівень освітлення проїзної частини вулиць і доріг із непрямолінійною геометрією (майдани, розв'язки, закруглення тощо), а також із перехідними й нижчими типами покриттів регламентується величиною *середньої горизонтальної освітленості*.

Кількісні та якісні показники освітлювальних установок для вулиць, доріг і майданів приймають за даними, наведеними у таблиці 1.1.

Середню яскравість покриття швидкісних доріг незалежно від інтенсивності руху транспорту приймають не менше $2,0 \text{ кд/м}^2$ у межах міста й $1,6 \text{ кд/м}^2$ поза містом на під'їздах до основних аеропортів та у пунктах контролю на платних автодорогах. Середня яскравість або середня освітленість покриття проїзної частини в межах транспортного перетинання у двох і більше рівнях на всіх пересічних магістралях повинна бути як на головній з них, а на з'їздах і відгалуженнях у межах міста – не менше ніж $0,8 \text{ кд/м}^2$ або 10 лк.

Таблиця 1.1 – Нормовані показники для вулиць і доріг з асфальтобетонним покриттям із регулярним транспортним рухом

Клас об'єкта		Середня яскравість покриття, $L_{сер}$, кд/м ² , не менше	$L_{мін}/L_{сер}$, U_0 , не менше	$L_{мін}/L_{макс}$, U_l , по смузі руху, не менше	Середня горизонтальна освітленість, $E_{сер}$, лк, не менше
Клас	Підклас				
А	А1	2,0	0,4	0,7	25
	А2	1,6	0,4	0,7	20
	А3	1,2	0,4	0,7	20
	А4	0,8	0,4	0,6	15
Б	Б1	1,0	0,4	0,6	15
	Б2	0,8	0,4	0,6	15
	Б3	0,6	0,4	0,6	10
	Б4	0,4	0,35	0,5	10
В	В1	0,4	0,35	0,4	6
	В2	0,4	0,35	0,4	4

Норми освітлення дозволяється збільшувати за узгодженням з адміністрацією міста на 0,2–0,4 кд/м² для освітлювальних установок вулиць, доріг і майданів класів А і Б з асфальтобетонними покриттями й поза містом на під'їздах до головних аеропортів, вокзалів, гіпер- і супермаркетів.

Середня освітленість покриттів тротуарів, що прилягають до проїзної частини вулиць, доріг і майданів, повинна бути не менш половини середньої освітленості покриття проїзної частини цих вулиць, доріг і майданів (табл. 1.1).

Норма освітлення трамвайних шляхів, розташованих на проїзній частині вулиць, повинна відповідати нормі освітлення вулиці згідно з таблицею 1.1. Середня горизонтальна освітленість відособленого трамвайного шляху повинна бути не менше ніж 6 лк. Висота розміщення світлових приладів на вулицях і майданах із трамвайним і тролейбусним рухом має прийматися відповідно до ДБН В.2.3–18:2007 «Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування» [7].

На вулицях і дорогах під час нормування яскравості дорожнього покриття **показник засліпленості** освітлювальної установки не повинен перевищувати 150. На ділянках вулиць і доріг, для яких нормується освітленість, потрібно обмежувати силу світла світильників в установці за

лінією зору водія такими значеннями: при куті 80° від вертикалі – не більше ніж 30 кд на 1000 лм, при куті 90° – не більше ніж 10 кд на 1000 лм.

Прийнята в зарубіжних стандартах для регламентації сліпучої дії величина **порогового приросту T_I** не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Нормовані значення T_I

Рівень яскравості дорожнього покриття, кд/м ²	Пороговий приріст, T_I , %, не більше
1,2–2,0	10
0,4–0,8	15

Для компенсації спаду рівня освітлення у процесі експлуатації під час проектування освітлювальних установок вводять **коефіцієнт запасу**, значення якого диференційоване залежно від конструктивно-світлотехнічної схеми світильника й застосовуваного джерела світла (див. табл. 1.3) у разі числа чищень у рік, рівному 2.

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнта запасу залежно від ступеня захисту освітлювального приладу від впливу навколишнього середовища

Тип джерела світла	Ступінь захисту світильника	Значення коефіцієнта запасу
НЛВТ	23	1,5
	53 і більше	1,4
Інші РЛ	23	1,6
	53 і більше	1,5
Світлодіоди	23	1,1
	53 і більше	1,1

У рекомендаціях і Стандартах МКО введений коефіцієнт експлуатації **коефіцієнт LMF** – величина зворотна коефіцієнту запасу. Значення коефіцієнта експлуатації не регламентуються; вони повинні розраховуватися за окремою методикою і водночас з програмою обслуговування відображатися у проекті освітлювальної установки.

Вибір та розташування освітлювальних приладів

В установках зовнішнього освітлення варто використовувати прилади з енергоекономічними джерелами світла, такими як натрієві лампи високого тиску, металогалогенні лампи, розрядні лампи низького тиску (натрієві, люмінесцентні типу T5, компактні люмінесцентні) та світлодіоди [9].

В установках з ускладненим доступом для обслуговування світильників доцільно застосовувати безелектродні розрядні (індукційні) лампи (БІЛ), які мають термін служби не менше ніж 50 тис. год.

Під час проектування установок зовнішнього освітлення особливу увагу варто приділяти *оптимізації вибору й розміщенню* освітлювальних приладів із найповнішим врахуванням їхнього світлорозподілу. Критерієм оптимізації проектного рішення є *енергоекономічність* – мінімум потужності освітлювальної установки під час забезпечення нормованих кількісних та якісних показників. Під час розміщення світильників необхідно зважати на можливість зручного під'їзду для монтажу й експлуатації.

Для забезпечення зорової орієнтації водіїв і пішоходів світильники необхідно розташовувати так, щоб утворена ними лінія чітко й однозначно вказувала *напрямок дороги*. Не дозволено в нічний час часткове відключення світильників у разі їхнього однорядного розташування й установці по одному світильнику на опорі.

На території автозаправних станцій і автостоянок, що прилягають до вулиць і доріг із транспортним рухом, світильники розсіяного світла повинні встановлюватися на висоті не менше ніж 3 м за світловим потоком ламп до 6000 лм. Для освітлення зазначених об'єктів не дозволено застосовування прожекторів, розташованих на дахах і навісах і спрямованих у бік вулиці або дороги.

У разі використання для освітлення великих майданів і транспортних розв'язок, зокрема в декількох рівнях, опор висотою 20 м і більше, встановлювані на них світлові прилади мають забезпечувати максимум сили світла під кутом не більше 65° від вертикалі, до того ж сила світла під кутами 80°, 85°, 90° у робочому положенні не повинна перевищувати відповідно 50, 30 й 10 кд на 1000 лм світлового потоку ламп. Висота розташування світильників над дорожнім покриттям проїзної частини верхнього рівня транспортного перетинання має бути не менше ніж 10 м.

Для освітлення місць проведення ремонтних робіт міських підземних інженерних мереж, пов'язаних із розкопуваннями, обгородженням і установкою сигнальних вогнів на вулицях і дорогах, дозволено додатково

використовувати тимчасові пересувні освітлювальні установки, зокрема світлові прилади прожекторного типу. У цьому разі необхідно вжити заходів щодо уникнення осліплення водіїв, а також обмеження засвічування вікон житлових і лікувальних будівель.

1.3 Освітлення пішохідних просторів

Освітлення пішохідних просторів проектується з огляду на норму середньої горизонтальної освітленості згідно з таблицею 1.4.

Таблиця 1.4 – Нормовані показники для пішохідних просторів

Клас	Підклас	Середня горизонтальна освітленість, $E_{сер}$, лк	Відношення середньої освітленості до максимальної, $E_{сер}/E_{макс}$
П	П1	20	1:3
	П2	10	1:3
	П3	6	1:5
	П4	4	1:5
	П5	2	1:10
	П6	1	1:10

Для пішохідних просторів підкласу П2 додатково нормується мінімальна **напівциліндрична освітленість**, $E_{нц}$, рівна 6 лк.

Над кожним входом у будівлю або поруч із ним необхідно встановити світильники, що забезпечують рівні середньої горизонтальної освітленості не менше:

- на майданчику головного входу – 6 лк;
- запасного або технічного входу – 4 лк;
- на пішохідній доріжці біля головного входу в будівлю – 4 лк;
- біля запасного або технічного входу – 2 лк.

На території відкритих ринків і торговельних ярмарків, на площадках перед виставочними комплексами, гіпер- і супермаркетами середня горизонтальна освітленість площадок, проїздів, проходів між рядами павільйонів, наметів, контейнерів тощо має бути не менше ніж 10 лк незалежно від їхньої категорії та займаної площі. Дозволяється збільшення освітленості до 30 лк для найбільших і найзначніших об'єктів. Відношення вертикальної освітленості до горизонтальної повинне бути не менше 1:2. До того ж

вертикальна освітленість визначається в поперечній площині до осі проїзду на висоті 1,5 м, горизонтальна освітленість – на рівні покриття. Після закриття ринку або торговельного ярмарку дозволено знижувати рівень середньої горизонтальної освітленості до 4 лк. У цьому разі мінімальна освітленість не має бути менше ніж 2 лк.

Середня горизонтальна освітленість площадок для глядачів естрад, які споруджують тимчасово, на період проведення святкових заходів повинна бути не нижче ніж 20 лк.

У проектах зовнішнього освітлення потрібно передбачати освітлення під'їздів до протипожежних вододжерел, якщо вони розташовані на неосвітлених частинах проїздів. Середня горизонтальна освітленість цих під'їздів має бути не нижче ніж 2 лк.

Для уникнення появи темних ділянок пішохідних зон (клас П) $E_{\min}/E_{\text{сер}}$ не повинне бути більше 1:4.

Сліпучу дію вінцевих ОП, що використовуються для освітлення пішохідних, паркових зон, скверів, бульварів тощо, визначає відношення:

$$I_{85} / A_{0,5}, \quad (1.1)$$

де I_{85} – сила світла ОП під кутом 85° до вертикалі, максимальна за всіма азимутальними кутами пішохідного простору;

A – площа проекції поверхні ОП, що світиться, на площу, перпендикулярну напрямку сили світла I_{85} , м^2 .

Значення $I_{85}/A_{0,5}$, $\text{кд}/\text{м}^2$, має бути не більше:

- 4000 – при висоті встановлення ОП до 4,5 м включно;
- 5500 – при висоті встановлення ОП св. 4,5 до 6 м включно;
- 7000 – при висоті встановлення ОП св. 6 м.

На рисунку 1.1 подано приклад визначення площі A .

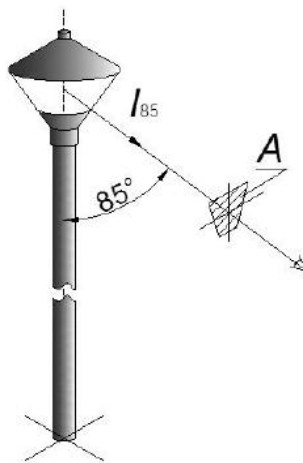


Рисунок 1.1 – Приклад визначення площі A

1.4 Освітлення пішохідних переходів

Освітлення наземних пішохідних переходів має забезпечувати людям безпечне перетинання проїзної частини й можливість бачити перешкоди й дефекти дорожнього покриття. Вимоги до освітлення наземних пішохідних переходів наведено в таблиці 1.5.

Під час виділення пішохідних переходів маячками або спеціальними світловими знаками на кожній стороні й на центральному островці їх потрібно встановлювати на висоті 2–3 м над проїзною частиною. Яскравість цих приладів повинна бути не менше 300 кд/м². Припустима частота миготінь 40–60 спалахів за хвилину. Для попередження як водіїв, так і пішоходів рекомендується використовувати в зоні переходу контрастне за кольорами освітлення.

Таблиця 1.5 – Нормовані значення освітленості для наземних пішохідних переходів

Назва пішохідної зони	$E_{г,сер}$, не менше	$E_{г,мін}$, не менше
Комерційні та промислові зони	30 лк	15 лк
Житлові зони	20 лк	6 лк

Значення середньої горизонтальної освітленості для підземних і надземних пішохідних переходів наведено в таблиці 1.6. У підземних пішохідних переходах варто використовувати світильники із захисним кутом не менше ніж 15° або з дифузійними розсіювачами.

Таблиця 1.6 – Значення середньої горизонтальної освітленості для підземних і надземних пішохідних переходів

Назва об'єкта	Середня горизонтальна освітленість, лк
Підземні пішохідні тунелі	75
Сходи підземних пішохідних тунелів увечері та вночі	20
Закриті пішохідні мостові переходи із прозорими стінами та стелею, увечері та вночі	75
Сходові сходи й оглядові майданчики закритих пішохідних мостових переходів із прозорими стінами або заскленими стіновими прорізами	50

1.5 Освітлення просторів на територіях промислових підприємств

Освітлення автомобільних доріг, які є продовженням міських вулиць і мають аналогічні покриття проїзної частини й інтенсивність руху транспорту, проектується з огляду на норму **середньої яскравості** покриттів проїзної частини за таблицею 1.1. Для інших доріг і проїздів варто використовувати норми середньої горизонтальної освітленості відповідно до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Нормовані значення середньої горизонтальної освітленості на територіях промислових підприємств

Освітлювані об'єкти	Найбільша інтенсивність руху в обох напрямках, од. /год.	Середня горизонтальна освітленість $E_{\text{г}}$, лк, не менше
Внутрішньозаводські дороги	Менше ніж 200	10
Проїзди	Понад 50 до 100 Від 10 до 50 Менше ніж 10	3 2 1
Пішохідні й велосипедні доріжки	Понад 100 До 100	2 1
Щаблі й площадки сходів і перехідних містків		4
Пішохідні доріжки на площадках та у скверах		1
Передзаводські ділянки, що не належать території міста (площадки перед будівлями, під'їзди й підходи до будівель, стоянки транспорту)		2
Переходи й переїзди		6

1.6 Освітлення просторів на територіях житлових районів

Для будинків, розташованих на магістралі будь-якої значущості, світлотехнічні вимоги визначаються, насамперед за інтенсивністю руху транспорту на цих магістралях відповідно до таблиці 1.1, але зважаючи на вимоги пішоходів (див. табл. 1.2).

На вулицях категорій А і Б зовнішнє освітлення всіх різновидів не повинне створювати на вікнах житлових будинків вертикальну освітленість, більшу за:

- 7 лк при нормі середньої яскравості проїзної частини $0,4 \text{ кд/м}^2$;
- 10 лк при нормі $0,6\text{--}1,0 \text{ кд/м}^2$;
- 20 лк при нормі $1,2\text{--}2,0 \text{ кд/м}^2$.

На вулицях категорії В, на пішохідних вулицях поза громадським центром, на внутрішньодвірських територіях, а також на будь-яких вулицях, що прилягають до спальних корпусів лікарень і лікувально-курортних установ, вертикальна освітленість на вікнах квартир житлових будинків і палат спальних корпусів не має перевищувати 5 лк. З огляду на необхідність обмеження засвічування вікон, варто застосовувати світильники з обмеженими значеннями сили світла в напрямку вікон або світильники з екрануючими ґратами.

У житлових кварталах варто зважати на те, що пристрої зовнішнього освітлення повинні естетично сполучатися з навколишніми архітектурними рішеннями. Це стосується форми й пропорцій світильників, кронштейнів й опор, висоти установки освітлювальних приладів. Для забезпечення сучасного дизайну вулиць необхідно приділяти увагу архітектурним рішенням елементів установки. Дозволяється використовувати опори зовнішнього освітлення для установки транспортних знаків, табличок із найменуваннями вулиць, урн, квіткових горщиків. Варто передбачати, щоб зелені насадження в майбутньому з їхнім зростанням не екранували світловий потік. У разі наявності зелених насаджень допускається для підсвічування крон застосовувати освітлювальні прилади, що випромінюють частину світлового потоку до верхньої напівсфери. Для підвищення привабливості житлової зони рекомендується варіювати як рівень освітлення, так і його кольоровість.

У житлових мікрорайонах можливе використання настінних світильників або поздовжно-підвісної системи. Це забезпечує свободу руху пішоходам і водіям, а також зниження капітальних витрат.

Під час обладнання житлових зон світними дорожніми знаками й показниками треба контролювати їхню яскравість для запобігання зниження гостроти зору водіїв і зменшення загального естетичного враження. Максимально припустимі значення яскравості знаків і вказівників наведено в таблиці 1.8.

Зовнішнє освітлення потребує керування, незалежне від керування освітленням усередині будівель. Вмикання освітлення може проводитися з будівлі. Там, де вулиці й дороги в промислових зонах використовуються тільки в короткі проміжки часу вночі, наприклад, при змінній роботі, для зниження

яскравості або освітленості дорожнього покриття після інтенсивності руху припустимо застосовувати дволампові світильники з вимиканням однієї з них або автоматичні регулятори світлового потоку ламп.

Таблиця 1.8 – Максимально припустимі яскравості знаків і показників

Світна площа, не більше, м ²	Яскравість, кд/м ²
0,5	1000
2	800
10	600
Більше 10	400

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Класифікація об'єктів зовнішнього утилітарного освітлення.
2. Нормування освітлення вулиць, доріг і майданів.
3. Регламентація сліпучої дії зовнішнього утилітарного освітлення.
4. Компенсація спаду рівня освітлення у процесі експлуатації освітлювальних установок.
5. Вибір та розташування освітлювальних приладів зовнішнього утилітарного освітлення.
6. Нормування освітлення пішохідних просторів та переходів.
7. Нормування освітлення просторів на територіях промислових підприємств та житлових районів.

2 РОЗРАХУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Методики розрахунку кількісних та якісних характеристик установок штучного зовнішнього освітлення розроблені на основі Європейського стандарту EN 13201-3:2003 Європейського комітету зі стандартизації (СЕ) і Рекомендацій CIE 140:2000 Міжнародної комісії з освітлення (МКО) [1-6]. Визначають та відповідають єдиним вимогам до обчислювальних процедур у процесі розрахування значень нормативних показників, використаних під час проектування установок утилітарного зовнішнього освітлення. Комп'ютерні програми, що використовуються для розрахунку нормативних показників зовнішнього освітлення базуються на положеннях цих методик розрахування.

У методиці розрахування світлотехнічних параметрів прийняті такі допущення:

- ОП розглядаються як точкові випромінювачі, світлорозподіл яких описується розподілом сили світла в просторі;
- відбиття світла від навколишніх об'єктів (дерев, фасадів будівель тощо), а також пряме світло від об'єктів, що світять (вікон будівель, рекламних щитів тощо), не беруться до уваги;
- затінення прямого світла ОП деревами та іншими об'єктами не береться до уваги;
- атмосферне поглинання і розсіювання світла не беруться до уваги.

Вихідними фотометричними даними є дані про світлорозподіл, використовуваний у процесі розрахування ОП, а під час розрахування за яскравістю – дані про відбиваючі властивості ДП. Ці дані подають у вигляді уніфікованих таблиць сил світла (ТСС) і таблиць коефіцієнтів яскравості (ТКЯ) відповідно.

2.1 Фотометрія освітлювальних приладів. Формування таблиць сили світла

Система фотометризування ОП – форма подання світлорозподілу ОП у вигляді сімейства КСС, що утворюються під час перетину фотометричного тіла ОП набором площин (точніше, напівплощин), що мають загальну лінію – вісь обертання цих площин, яка проходить через світловий центр ОП.

Існують три головні фотометричні системи: $A-\alpha$, $B-\beta$ і $C-\gamma$. У цьому випадку використовується тільки система $C-\gamma$ як найтипівіша для ОП,

застосовуваних в установках утилітарного зовнішнього освітлення. Раніше в діючих стандартах використовувалася система *a-b*.

Система $C-\gamma$ – система фотометрирування ОП, в якій вісь обертання сімейства площин сполучена з оптичною віссю ОП (рис. 2.1).

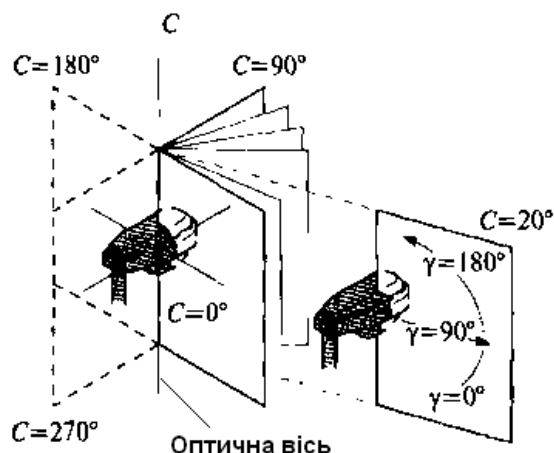


Рисунок 2.1 – Система фотометрирування $C-\gamma$

Довільно обраний промінь, що виходить із світлового центра ОП, сполученого із центром системи, визначається азимутальним кутом C і полярним кутом γ .

Азимутальний кут C – кут між площею, що містить довільно обраний промінь, і площиною C_0 , прийнятою за початок відліку ($C = 0$).

Полярний кут γ – кут між довільно обраним променем і позитивним напрямком (надиром) оптичної осі ОП ($\gamma = 0$).

Орієнтація ОП у системі $C-\gamma$ така, що для неосьосиметричних ОП (фотометричне тіло яких не є тілом обертання) головні поперечна й поздовжня площини ОП збігаються із площинами C_0-C_{180} і $C_{90}-C_{270}$ відповідно. У вуличних консольних світильників площина $C = 270^\circ$ проходить через кронштейн. У прожекторах, у разі наявності ліри, площина $C = 180^\circ$ перетинає ліру в положенні фотометрирування. Координатні кути в цій системі змінюються в діапазонах: $C = [0^\circ - 360^\circ]$, $\gamma = [0^\circ - 180^\circ]$.

Таблиця сили світла (ТСС) – прямокутна таблиця значень сили світла ОП у канделах, наведених до сумарного світлового потоку ДС в ОП, рівному 1000 лм, залежно від полярного й азимутального кутів у системі фотометрирування $C-\gamma$.

Для формування ТСС використовують систему $C-\gamma$. ТСС подають у вигляді прямокутної таблиці значень сили світла ОП, виражених у канделах, приведених до сумарного світлового потоку ДС в ОП, рівного 1000 лм, [кд/клм]. У лівому стовпці (зверху вниз) і у верхньому рядку (ліворуч,

праворуч) ТСС відповідно записуються п значень полярного кута γ і m-значень азимутального кута C у градусах у зростаючому порядку.

Інтервали між сусідніми значеннями кутів C або γ можуть бути неоднаковими. Максимальні інтервали для кутів C і γ не мають перевищувати відповідно 10° і 5° у всьому діапазоні їхньої зміни.

Діапазон зміни кутів C (табл. 2.1) і γ (табл. 2.2) визначають залежно від симетрії світлорозподілу ОП.

Таблиця 2.1 – Діапазон зміни азимутальних кутів C у ТСС

Різновид симетрії світлорозподілу ОП	Діапазон C , град
Осьова (відносно оптичної осі)	0 (одне значення)
Відносно головних поздовжньої і поперечної площин	0–90
Відносно головної поздовжньої площини	90–270
Відсутність симетрії	0–360

Таблиця 2.2 – Діапазон зміни полярних кутів γ у ТСС

Область випромінювання ОП	Діапазон γ , град.
Тільки в нижню напівсферу	0–90
Тільки у верхню напівсферу	90–180
У повну сферу: – симетрія відносно екваторіальної площини ($\gamma = 90^\circ$) – відсутність симетрії	0–90 0–180

Інтерполяція ТСС

Значення сили світла $I(C, \gamma)$ в напрямках, що не співпадають з вузловими значеннями кутів ТСС, визначають шляхом інтерполяції табличних значень сили світла $I(C_i, \gamma_j)$. Для інтервалів кутів, що задовольняють вимогам, що вказано вище, використовується лінійна інтерполяція, в протилежному разі – квадратична.

Для розрахування значення сили світла в напрямі, обумовленому кутами C і γ , що розташовані в інтервалах відповідних табличних значень,

$$C_i \leq C \leq C_{i+1}, i = 1, 2, \dots, m-1, \quad (2.1)$$

$$\gamma_j \leq \gamma \leq \gamma_{j+1}, j = 1, 2, \dots, n-1 \quad (2.2)$$

використовують такі формули:

$$I(C, \gamma) = I(C, \gamma_j) - K_\gamma [I(C, \gamma_j) - I(C, \gamma_{j+1})], \quad (2.3)$$

де

$$K_\gamma = \frac{\gamma_j - \gamma}{\gamma_j - \gamma_{j+1}}, \quad (2.4)$$

$$I(C, \gamma_j) = I(C_i, \gamma_j) - K_c [I(C_i, \gamma_j) - I(C_{i+1}, \gamma_j)], \quad (2.5)$$

$$I(C, \gamma_{j+1}) = I(C_i, \gamma_{j+1}) - K_c [I(C_i, \gamma_{j+1}) - I(C_{i+1}, \gamma_{j+1})], \quad (2.6)$$

де

$$K_c = \frac{C_i - C}{C_i - C_{i+1}} \quad (2.7)$$

У випадку осьосиметричного (симетричного відносно оптичної осі ОП) світлорозподілу наведені вище формули інтерполяції спрощують.

Для лінійної інтерполяції шукана сила світла $I(C, \gamma) = I(\gamma)$

$$I(\gamma) = I(\gamma_j) - K_\gamma [I(\gamma_j) - I(\gamma_{j+1})], \quad (2.8)$$

де K_γ визначається за (2.4).

2.2 Фотометрія дорожніх покриттів. Формування таблиці коефіцієнтів яскравості

Світлові властивості й класифікація дорожніх покриттів

Величина яскравості поверхні дороги безпосередньо визначає видимість об'єктів, що перебувають і розглядається на її тлі. Це призводить до необхідності розробки методів розрахування, виміру та інших шляхів визначення яскравості дорожніх покриттів. Першим у низці задач, вирішення яких призводять до визначення величини яскравості, є вивчення й облік відбивної здатності поверхонь дорожніх покриттів [8].

Дорожні покриття сучасних типів (асфальт, асфальтобетон, бетон) мають різко виражену здатність відбивати світло направлено.

Спеціально поставлені лабораторні дослідження і виміри, виконані в натурних умовах, дозволили встановити розподіл світла, що відбивається дорожніми покриттями різних типів. Найпоширеніше покриття – асфальт, що зазнав запилення і зношування, поряд зі здатністю відбивати дифузно, має досить виражену спрямованість відбиття. Розподіл сили світла, відбитого ділянкою поверхні асфальту, подано на рисунку 2.2.

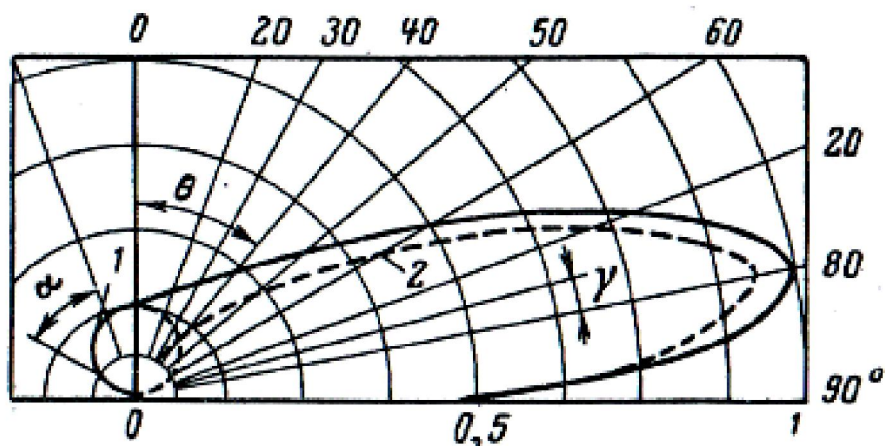


Рисунок 2.2 – Індикатриса відбиття асфальтового покриття

Розподіл сили світла ділянки внаслідок дифузного відбиття характеризується околлом, що дотикається поверхні, яка відбиває, у точці падіння променя. Значна частина відбитого світлового потоку відкидається в напрямках, що прилягають до напрямку дзеркально відбитого променя.

Здатність поверхонь направлено відбивати падаючі на них пучки світла характеризується величиною **коефіцієнта яскравості**, обумовленої як відношення яскравості певної поверхні, в розглянутому напрямку, до яскравості однаково з нею освітленої поверхні, що ідеально розсіює, тобто

$$r = \frac{L}{\frac{1}{\pi} \cdot E},$$

звідки впливає співвідношення між яскравістю й освітленістю такої поверхні:

$$L = \frac{r \cdot E}{\pi}. \quad (2.9)$$

Варто відзначити залежність величини r не тільки від властивостей поверхні, але й від напрямку падаючого на неї пучка й того напрямку, в якому ця поверхня розглядається. У випадку, що нас цікавить, відбиття світла поверхнею дороги, яскравість розглядуваного елемента поверхні (і коефіцієнт яскравості) є досить складною функцією сполучення параметрів, які визначають властивості поверхні, положення елементів, напрямків пучків світла й напрямків, в якому розглядається елемент. М. А. Островським запропоновано

загальний аналітичний вираз цієї залежності, що має такий вигляд:

$$r = r_0 + \frac{a}{(1 + b \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha) \cdot \sin \varphi} \cdot e^{-c\gamma^2}, \quad (2.10)$$

де r_0 – коефіцієнт дифузійного відбиття покриття;

a, b, c – постійні, значення яких залежать від типу й стану покриття;

α – кут падіння пучка на освітлювану поверхню (рис. 2.2);

γ – кут, утворений лінією зору спостерігача й напрямком дзеркально відбитих променів.

Величина коефіцієнта яскравості, обрана для певних визначених умов освітлення і спостереження, становить обмежений інтерес. Значно більший інтерес і значення становить величина яскравості дорожньої поверхні в окремій точці й середньої яскравості покриття. Під час розрахування цих величин, до значення яких належать і величини r , можуть бути використані прийоми й зроблені допущення, що викликають можливість застосування побудованих таким способом методів розрахування в інженерній практиці.

Величина яскравості дорожнього покриття у будь-якій його точці виражається формулою:

$$L = f(\alpha_{oi}) \frac{I(\alpha_{oi}, \gamma)}{H}, \quad (2.11)$$

де $I(\alpha_{oi}, \gamma)$ – сила світла світильника в напрямі (α_{oi}, γ) до розглянутої точки А (рис. 2.3);

$f(\alpha_{oi}, \gamma)$ – функція, що характеризує відбиття світла елементом поверхні дороги, положення якого характеризується значеннями α_{oi} й γ .

Встановлення описаних вище особливостей відбиття світла поверхнями сучасних дорожніх покриттів і розробка методів розрахування яскравості освітлюваної поверхні дороги має велике практичне значення.

Значення коефіцієнтів яскравості для поверхонь дорожніх покриттів встановлюються залежно від кутів падіння α , що орієнтує напрямки сили світла світильника в меридіональній площині, відносної ширини освітлюваної смуги до висоти установки світильників b/H і кута спостереження $\varphi = 1^\circ$ для стандартизованих типів покриттів.

В Україні стандартизовані два типи покриттів: гладкі дрібнозерністі й шорсткуваті асфальтобетонні покриття.

Як було зазначено раніше, під коефіцієнтом яскравості ми розуміємо відношення яскравості певної поверхні, в розглянутому напрямі до яскравості

однаково з нею освітленої поверхні, що ідеально розсіює:

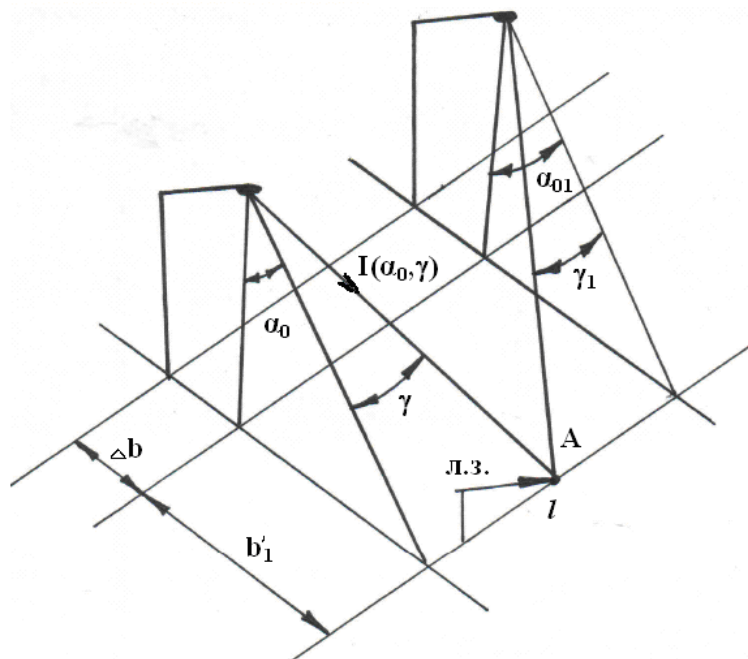


Рисунок 2.3 – До визначення яскравості в точці А

$$r(\alpha, \beta, \varphi) = \frac{L(\alpha, \beta)}{L_{\text{ли}}(\alpha)} = \frac{L(\alpha, \beta)}{\frac{1}{\pi} E(\alpha)}. \quad (2.12)$$

У закордонній практиці коефіцієнт яскравості визначається за відношенням яскравості дорожнього покриття в розрахунковій точці до освітленості цієї ділянки дороги в тій самій точці:

$$q(\beta, \delta, \alpha) = \frac{L(\beta, \delta)}{E(\delta)}. \quad (2.13)$$

З формул (2.12) і (2.13) випливає, що

$$r(\alpha, \beta, \delta) = \pi q(\beta, \delta, \alpha), \quad (2.14)$$

тобто r в π раз більше q . У цих формулах прийняті позначення, що використовуються у закордонній практиці:

δ – кут, що визначає напрям сили світла світильника у вертикальній площині в розрахункову точку (у наших позначеннях кут α);

β – кут між площинами падіння і спостереження;

α – кут спостереження (у наших позначеннях φ).

Для характеристики дорожніх покриттів у закордонній практиці застосовують не безпосередньо коефіцієнт яскравості q , а так званий **редукований коефіцієнт яскравості $r(\beta, \delta)$** :

$$r(\beta, \delta) = q(\beta, \delta) \cos^3 \delta \text{ (стер}^{-1}\text{)} \quad (2.15)$$

Залежність величини коефіцієнта яскравості від напрямку спостерігача, навіть у разі строгої специфікації умов спостереження, не дозволяє прийняти коефіцієнт яскравості за єдину ознаку для класифікації дорожніх покриттів за їхніми відбивними властивостями. До того ж через велику кількість типів покриттів та їхніх станів така класифікація необхідна, оскільки відбивні властивості покриття значно впливають на потужність освітлювальної установки. Із цією метою Міжнародною комісією з освітлення розглянута й рекомендована до застосування класифікація дорожніх покриттів за їхньою відбивною здатністю.

Дорожні покриття пропонується характеризувати двома комплексними показниками Q_o й S_l . Перший характеризує загальний ступінь відбиття покриття і визначається як середньозважений коефіцієнт яскравості q на регламентованій частині простору напрямків падіння світла Ω_o відносно точки P (рис. 2.4), тобто:

$$Q_o = \frac{1}{\Omega_o} \int_{\Omega_o} q(\beta, \delta) d\Omega(\beta, \delta). \quad (2.16)$$

Другий показник S_l характеризує ступінь спрямованості відбиття та визначається так:

$$S_l = r(0.2)/r(0.0), \quad (2.17)$$

де $r(0.2)$ і $r(0.0)$ – редуковані коефіцієнти яскравості відповідно для $\beta = 0$ й $\text{tg}\delta = 2$ і для $\beta = 0$ й $\text{tg}\delta = 0$.

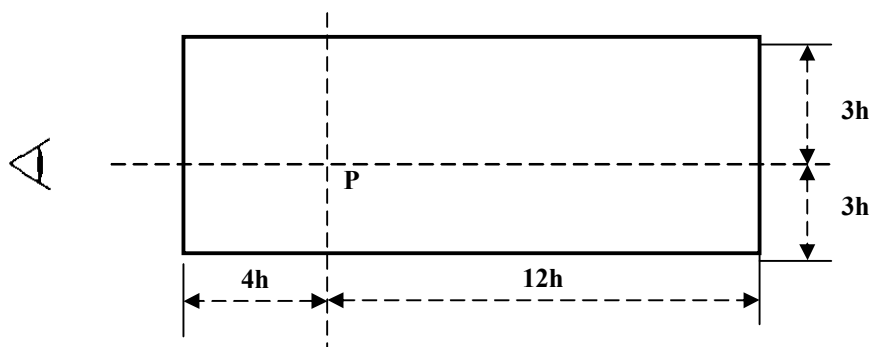


Рисунок 2.4 – До визначення простору напрямків падіння світла Ω_o

На сьогодні за кордоном застосовуються кілька класифікацій дорожніх покриттів за коефіцієнтом яскравості. У R-класифікації, що набула найбільшого поширення, залежно від спрямованості відбиття світла розрізняють чотири типи дорожніх покриттів (табл. 2.3).

Існують інші класифікації, наприклад С-класифікація, в якій розрізняють два типи покриттів (табл. 2.4) і W-класифікація для вологих покриттів.

Зіставлення вітчизняних і закордонних типів покриттів за критеріями S_l й Ω_o , показують, що гладке дрібнозернисте покриття за критерієм Ω_o близьке до R1, а за критерієм S_l відповідає типу R3; шорсткувате покриття за обома критеріями ближче до R2.

Таблиця 2.3 – R-класифікація дорожніх покриттів

Тип покриття	Характеристика	Граничні значення	Стандартні значення	
			S_l	Ω_o
R1	дифузійне	$S_l < 0,42$	0,25	0,10
R2	близьке до дифузійного	$0,42 < S_l < 0,85$	0,58	0,07
R3	трохи спрямоване	$0,85 < S_l < 1,35$	1,11	0,07
R4	спрямоване	$S_l > 1,35$	1,55	0,08

Таблиця 2.4 – С-класифікація дорожніх покриттів

Тип покриття	Характеристика	Граничні значення	Стандартні значення	
			S_l	Ω_o
C1	дифузійне	$S_l < 0,4$	0,24	0,10
C2	спрямоване	$S_l > 0,4$	0,97	0,07

Під час визначення яскравості ДП відбиваючі властивості також можна виразити у вигляді редукованого коефіцієнта яскравості $r(\beta, \varepsilon)$ [стер-1], а саме:

$$r(\beta, \varepsilon) = \frac{L(\beta, \varepsilon)}{E(\varepsilon)} \cos^3 \varepsilon, \quad (2.18)$$

де $L(\beta, \varepsilon)$ – яскравість ДП у розрахунковій точці в напрямі спостерігача (рис. 2.5), лінія зору якого спрямована під кутом $\alpha = 1^\circ$ до полотна дороги, у разі падіння в розрахункову точку променя світла від точкового ОП під кутом ε , [кд/м²];

$E(\varepsilon)$ – освітленість ДП у розрахунковій точці від точкового джерела під час падіння променя світла під кутом ε , [лк];

β – кут між площиною падіння променя світла та площиною спостереження (вертикальною площиною, що проходить через лінію зору).

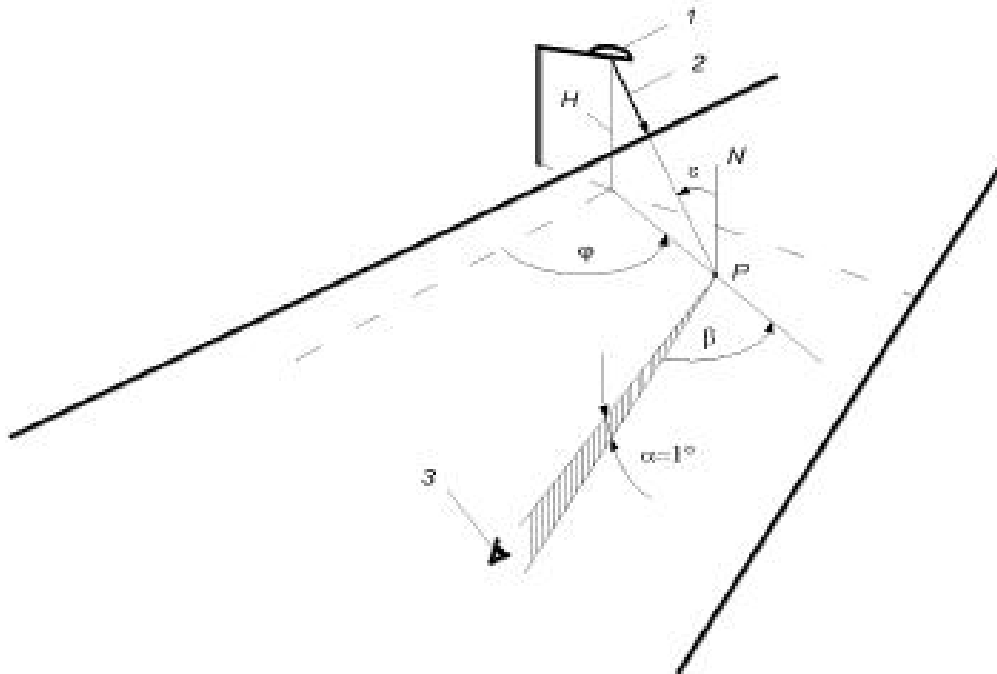


Рисунок 2.5 – Схема розташування ОП, розрахункової точки та спостерігача стосовно полотна дороги під час визначення яскравості ДП:

1 – ОП; 2 – падаючий промінь світла в розрахункову точку P;
 3 – спостерігач; P – розрахункова точка; N – нормаль до ДП;
 β – кут відхилення; ε – кут падіння світла; α – кут спостереження;
 φ – азимутальний кут точки P

У таблицях 2.5 і 2.6 наведено значення редукованого коефіцієнта яскравості, помножені на 10^4 , залежно від стандартизованих значень аргументів: β і $\tan \varepsilon$ для двох типів ДП, які отримані шляхом перерахування значень коефіцієнта яскравості, поданих у ДСТУ Б В.2.2 – 30: 2011 [10].

Таблиця 2.5 – Редуковані коефіцієнти яскравості дрібнозернистого асфальтобетонного покриття $\times 10^4$

tg ε	Кут β, град																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
0,25	355	353	350	346	341	337	333	329	325	321	318	309	304	302	291	291	291	291	291	291
0,5	379	372	362	345	328	311	296	280	269	262	257	246	241	266	228	228	228	228	228	228
0,75	338	331	320	302	284	261	243	229	218	210	204	184	174	190	163	163	163	163	163	163
1	293	285	273	254	234	216	197	180	166	153	142	141	131	124	113	113	113	113	113	113
1,25	334	321	300	267	226	190	161	141	127	117	108	92	87	95	78	78	78	78	78	78
1,5	347	330	305	261	211	158	129	113	98	89	83	67	60	63	54	54	54	54	54	54
1,75	330	312	284	235	178	133	108	90	79	70	64	55	49	48	39	39	39	39	39	39
2	309	291	264	210	153	114	90	73	63	57	51	42	35	21	28	28	28	28	28	28
2,5	255	239	215	160	111	79	59	50	44	39	35	28	21	14	16	16	16	16	16	16
3	211	194	167	117	77	55	43	35	31	27	23	17	13	9	10	10	10	10	10	10
3,5	221	182	128	82	54	40	30	24	21	17	16	12	10	9	7	7	7	7	7	7
4	226	179	118	63	39	28	21	18	15	14	12	9	7	6	5	5	5	5	5	5
4,5	244	185	109	50	28	22	17	14	12	10	9	7	6	5	3	3	3	3	3	3
5	240	181	95	39	21	17	13	11	9	8	7	5	5	4	2	2	2	2	2	2
5,5	224	170	81	30	17	13	10	9	7											
6	197	148	67	24	14	10	9	7	5											
6,5	169	126	56	19	11	8	7	5												
7	146	107	47	14	9	7	6	4												
7,5	126	91	41	13	8	6	5													
8	109	79	35	12	6	5	4													
8,5	96	68	32	11	5	4	3													
9	84	61	27	9	5	4														
9,5	74	54	24	8	4	3														
10	66	49	22	7	3	3														
10,5	58	43	19	6	3	2														
11	52	38	17	5	3	2														
11,5	47	35	14	5	2															
12	47	34	13	4	2															

Таблиця 2.6 – Редуковані коефіцієнти яскравості шорсткуватого асфальтобетонного покриття $\times 10^4$

tg ε	Кут β , град																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
0,25	454	449	432	421	410	400	390	380	372	363	343	330	326	291	291	291	291	291	291	291
0,5	500	490	475	450	425	401	378	356	338	325	313	288	274	291	228	228	228	228	228	228
0,75	481	463	436	392	349	311	296	285	277	271	256	256	210	218	163	163	163	163	163	163
1	405	382	346	288	234	219	217	225	221	215	208	190	161	146	113	113	113	113	113	113
1,25	366	341	303	239	199	182	179	171	163	155	148	129	110	108	78	78	78	78	78	78
1,5	326	296	251	179	146	133	122	121	117	113	108	88	79	81	54	54	54	54	54	54
1,75	280	249	203	137	112	99	90	86	86	81	75	66	63	64	39	39	39	39	39	39
2	239	210	166	112	95	78	69	65	61	56	55	50	45	26	28	28	28	28	28	28
2,5	176	152	115	78	63	49	41	37	36	36	34	32	25	15	16	16	16	16	16	16
3	131	111	81	57	42	31	27	24	23	23	22	19	17	13	10	10	10	10	10	10
3,5	101	85	62	43	30	22	18	17	16	15	14	12	11	10	7	7	7	7	7	7
4	82	67	48	32	22	17	14	13	12	11	10	9	8	7	5	5	5	5	5	5
4,5	71	56	38	25	16	13	11	9	9	8	7	6	6	6	3	3	3	3	3	3
5	67	48	30	20	13	10	8	7	6	6	5	5	4	4	2	2	2	2	2	2
5,5	62	41	25	16	11	8	6	5	5											
6	56	37	21	13	9	6	5	4	4											
6,5	49	34	18	11	7	5	4	3												
7	43	30	15	9	6	4	3	3												
7,5	38	27	12	8	5	3	2													
8	34	23	11	6	4	3	2													
8,5	30	21	9	5	3	2	2													
9	26	18	8	5	3	2														
9,5	23	17	7	4	3	2														
10	21	15	6	3	2	1														
10,5	18	13	6	3	2	1														
11	16	12	5	3	2	1														
11,5	15	11	5	2	2															
12	15	11	4	2																

2.3 Розрахунок сили світла освітлювального приладу

При розрахунку сили світла ОП у розрахункову точку ДП необхідно зважати, що світлорозподіл ОП, виражений у формі ТСС, визначено в системі координат $I(C, \gamma)$, пов'язаної з ОП, тоді як розташування й орієнтація ОП, а також розрахункова точка визначені в системі координат розрахункового поля дороги. Отже для розрахунку сили світла ОП $I(C, \gamma)$ у розрахункову точку необхідно визначити кути C і γ , що координують цю точку в системі координат ОП.

Орієнтація ОП у системі координат розрахункового поля

Система координат розрахункового поля зв'язується із прямокутною (декартовою) системою координат (x, y, z) , в якій вісь x орієнтована вздовж напрямку руху транспорту, вісь y – поперек руху, а вісь z – вертикально догори (рис. 2.6). Координатні відстані між розрахунковою точкою (x_p, y_p) і ОП (x_F, y_F) визначаються так:

$$x = x_p - x_F, \quad (2.19)$$

$$y = y_p - y_F, \quad (2.20)$$

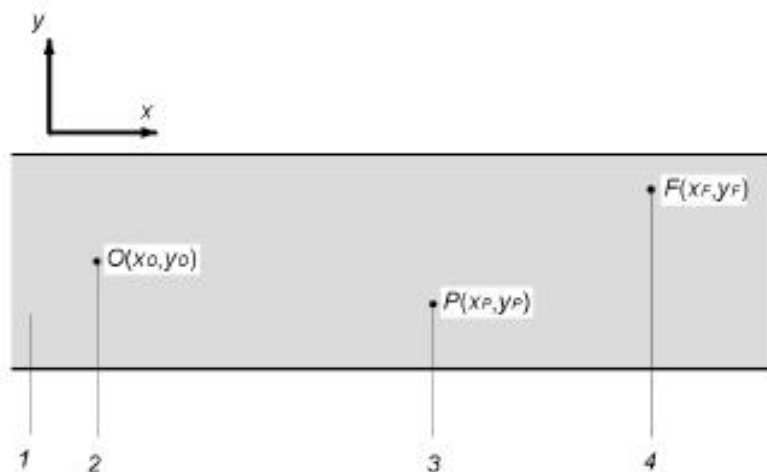


Рисунок 2.6 – Орієнтація системи координат відносно розрахункового поля (у плані):

*1 – межа проїзної частини; 2 – спостерігач;
3 – розрахункова точка; 4 – ОП*

Орієнтація ОП у системі координат розрахункового поля визначається трьома кутами повороту відносно координатних осей ν , δ і ψ (рис. 2.7).

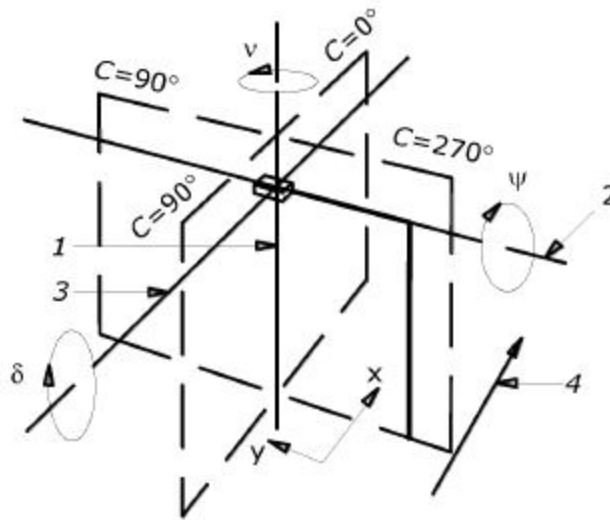


Рисунок 2.7 – Розташування системи фотометрирування ОП (C , γ) у системі координат розрахункового поля (x , y , z) за вихідними кутами повороту $\nu = 0$, $\delta = 0$ та $\psi = 0$:

1 – оптична вісь ОП; 2 – повздовжня вісь ОП;
3 – поперечна вісь ОП; 4 – повздовжній напрям дороги

Визначають кут δ за формулою (2.21) та рисунком 2.8:

$$\delta = \theta_f - \theta_m, \quad (2.21)$$

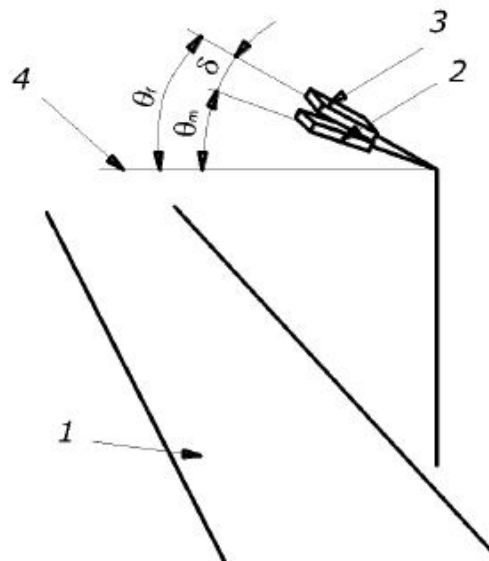


Рисунок 2.8 – Визначення куту δ :

1 – дорога; 2 – ОП у положенні вимірювання;
3 – ОП у положенні використання; 4 – горизонталь

Розрахування кутів C і γ для розрахункової точки

Для довільної орієнтації ОП у системі координат (x, y, z) , що задана кутами ν, δ і ψ , і розташування ОП відносно розрахункової точки, заданого параметрами x, y і висотою установки ОП над розрахунковою площиною H , розрахунок кутів C та γ визначається так:

1) розрахунок допоміжних параметрів x', y' і H' у системі координат ОП:

$$x' = x(\cos \nu \cos \psi - \sin \nu \sin \delta \sin \psi) + y(\sin \nu \cos \psi + \cos \nu \sin \delta \sin \psi) + H \cos \delta \sin \psi,$$

$$y' = -x \sin \nu \cos \delta + y \cos \nu \cos \delta - H \sin \delta,$$

$$H' = -x(\cos \nu \sin \psi + \sin \nu \sin \delta \cos \psi) - y(\sin \nu \sin \psi - \cos \nu \sin \delta \cos \psi) + H \cos \delta \cos \psi;$$

2) розрахунок азимутального кута C у системі координат ОП (табл. 2.7);

3) розрахунок шуканого полярного кута γ в системі координат ОП (табл. 2.8).

Таблиця 2.7 – Формули для розрахунку кута C

x'	y'	C
> 0	≥ 0	$\arctg \frac{y'}{x'}$
	< 0	$360^\circ + \arctg \frac{y'}{x'}$
$= 0$	$\neq 0$	90°
	$= 0$	приймається 0°
< 0	≥ 0	$180^\circ + \arctg \frac{y'}{x'}$
	< 0	

Таблиця 2.8 – Формули для розрахунку кута γ

H'	γ
> 0	$\arctg \frac{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}{H'}$
$= 0$	90°
< 0	$180^\circ + \arctg \frac{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}{H'}$

Далі для знайдених кутів C і γ , використовуючи ТСС і відповідні інтерполяційні формули, визначають шукане значення $I(C, \gamma)$ у розрахунковій точці.

2.4 Розрахування головних фотометричних показників

Розрахування яскравості у точці

Яскравість ДП – яскравість ДП у розрахунковій точці в напрямі спостерігача, який знаходиться в стандартних умовах спостереження.

Значення яскравості ДП, створюваної одним ОП у розрахунковій точці, яку бачить спостерігач у стандартних умовах спостереження, визначається так:

$$L_1 = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot r(\beta, \varepsilon) \cdot 10^{-4}}{K_3 \cdot H^2} \text{ [кд/м}^2\text{]}, \quad (2.22)$$

де $I(C, \gamma)$ – сила світла ОП у напрямі розрахункової точки, обумовленому кутами C і γ в системі координат ОП [кд/клм];

Φ – сумарний світловий потік ДС в ОП [клм];

$r(\beta, \varepsilon)$ – табличне значення редукованого коефіцієнта яскравості ДП під час падіння променя світла від ОП у розрахункову точку під кутом ε до поверхні ДП у стандартних умовах спостереження, до того ж площина падіння повернута відносно площини спостереження на кут β [стер⁻¹];

K_3 – коефіцієнт запасу;

H – висота ОП над розрахунковою майданівиною [м].

Значення сумарної яскравості ДП у розрахунковій точці Р, створюваної в напрямку спостерігача сукупністю n ОП, встановлюється сумою внесків яскравості L_i від кожного i -го ОП.

Розрахункове поле

У поздовжньому напрямі розрахункове поле обмежене кроком S між ОП, розташованими в одному ряді. Спостерігач розташовується на відстані 60 м перед першим ОП (рис. 2.9).

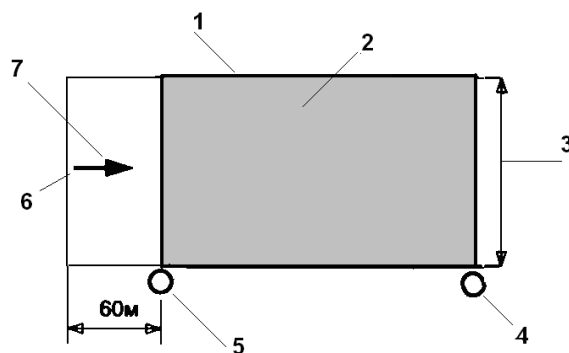


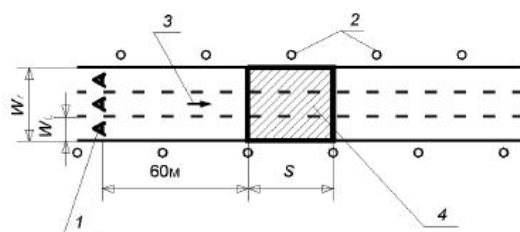
Рисунок 2.9 – Розрахункове поле для яскравості:

1 – межа проїзної частини; 2 – розрахункове поле; 3 – ширина проїзної частини; 4 і 5 – сусідні ОП; 6 – спостерігач; 7 – напрямок спостереження

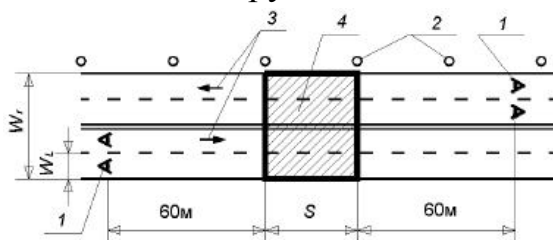
Якщо є декілька рядів ОП із різним кроком, то розрахункове поле визначається відносно ряду ОП із найбільшим кроком.

У поперечному напрямі розрахункове поле обмежене шириною проїзної частини W_r в одному напрямі.

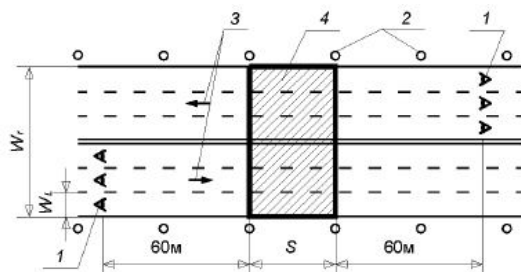
Розрахункові точки розташовуються у розрахунковому полі рівномірно в повздовжньому й поперечному напрямках (рис. 2.10 та рис. 2.11). Кількість розрахункових точок і крок між ними визначаються як показано на рисунку 2.10:



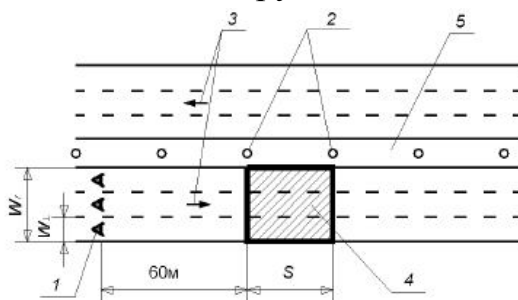
а) трисмужна дорога з однобічним рухом та шахматним розташуванням ОП



б) чотирисмужна дорога з двобічним рухом та однобічним розташуванням ОП



в) шостисмужна дорога з двобічним рухом та двобічним розташуванням ОП



г) шостисмужна дорога з розділовою смугою рухом та центральним розташуванням

Рисунок 2.10 – Розташування розрахункових точок у полі розрахунку:

1 – спостерігач; 2 – ОП; 3 – напрям руху; 4 – розрахункове поле;

5 – розділова смуга

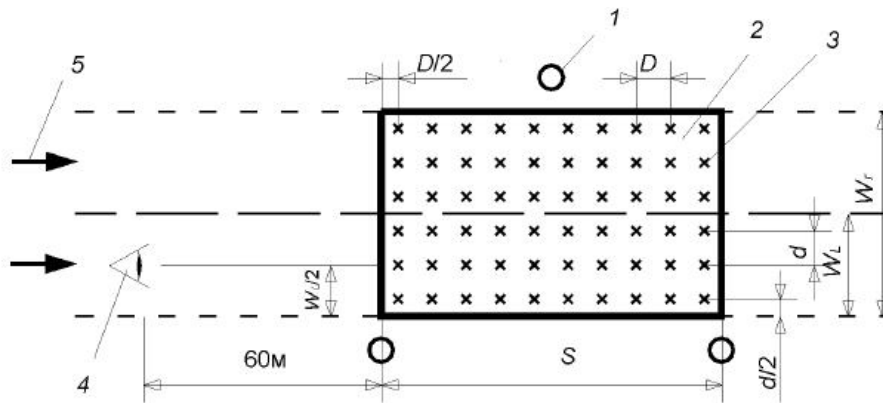


Рисунок 2.11 – Розташування розрахункових точок у полі розрахунку по одній смузі руху:

1 – ОП; 2 – розрахункове поле; 3 – розрахункові точки;
4 – спостерігач; 5 – напрям руху

У повздовжньому напрямі: якщо $S \leq 30$ м, то число точок N_1 дорівнює 10, якщо $S > 30$ м, то N_1 дорівнює такому найменшому цілому числу, у разі якого крок між точками $D = S/N_1 \leq 3$ м. При цьому крайні точки відстоять від границь розрахункового поля на відстані $D/2$;

У поперечному напрямі: число точок дорівнює 3 на кожен смугу руху шириною W_L . Крок дорівнює $d = W_L/3$, а крайні точки відстоять від границь смуги на відстані $d/2$. Загальне число точок за числом смуг N_L дорівнює

$$N_2 = 3 \cdot N_L.$$

У всьому розрахунковому полі загальне число розрахункових точок дорівнює $N = N_1 \cdot N_2$.

До того ж на узбіччі з асфальтобетонним покриттям визначення числа і розташування розрахункових точок аналогічне визначенню проїзної смуги.

Положення спостерігача. Поле освітлювальних приладів, що враховуються

Спостерігач розташовується послідовно на осевій лінії кожної смуги руху в точці, віддаленій на 60 м від ближньої межі розрахункового поля за фіксацією його ока на висоті 1,5 м над площиною ДП (рис. 2.12).

У розрахунку яскравості зважають тільки на ті ОП, які знаходяться всередині прямокутної області, що розташована відносно розрахункової точки. Розміри області визначаються відносно висоти H розташування ОП над полотном дороги.

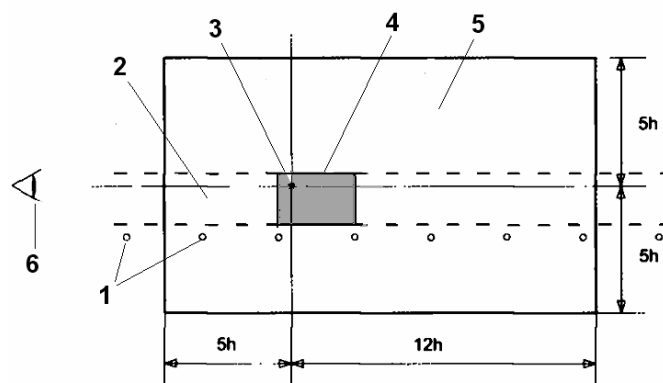


Рисунок 2.12 – Область ОП, які враховують у розрахунку яскравості:
 1 – ОП; 2 – проезная частина; 3 – розрахункова точка; 4 – розрахункове поле;
 5 – область ОП, які враховують у розрахунку; 6 – спостерігач

Поле ОП, що враховуються – врахована під час розрахування необхідного параметра (яскравості, освітленості) в розрахунковій точці сукупність ОП, розташовуваних у регламентованій області дороги або пішохідного простору (в плані) відносно цієї розрахункової точки.

Розрахування освітленості

Освітленість ДП – освітленість у розрахунковій точці на рівні ДП.

У цьому розділі розглядаються три різновиди освітленості: горизонтальна, напівциліндрична й вертикальна.

У наведених нижче формулах для розрахунку вказаних різновидів освітленостей у розрахунковій точці від одного ОП використані такі параметри:

$I(C, \gamma)$ – сила світла ОП у напрямі розрахункової точки, обумовленому кутами C і γ у системі координат ОП [кд/кلم];

Φ – сумарний світловий потік ламп в ОП [кلم];

ε – кут падіння променя світла від ОП у розрахункову точку [рад];

α – кут між вертикальною площиною, що містить падаючий луч від ОП у розрахункову точку, і базисною вертикальною площиною, перпендикулярною до вертикальної площини напівциліндра (для напівциліндричної освітленості, рис. 2.13) або до вертикальної розрахункової майданівини (для вертикальної освітленості, рис. 2.14), і орієнтованою вздовж головного руху пішоходів (для доріг це напрям руху транспорту);

H – висота ОП над площиною ДП [м];

K_z – коефіцієнт запасу.

Горизонтальна освітленість (на рівні ДП):

$$E_{гор} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \cos^3 \varepsilon}{K_3 \cdot H^2} \text{ [лк]}. \quad (2.24)$$

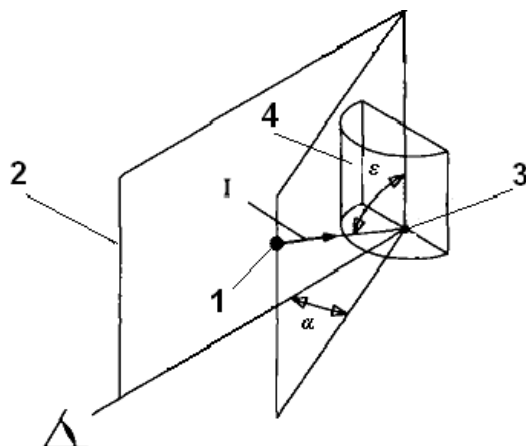


Рисунок 2.13 – До розрахування напівциліндричної освітленості:
1 – ОП; 2 – базисна вертикальна площина, перпендикулярна до вертикальної площини напівциліндра 4; 3 – розрахункова точка

Напівциліндрична освітленість (на рівні 1,5 м над ДП):

$$E_{нпц} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot (1 + \cos \alpha)}{\pi \cdot K_3 \cdot (H - 1,5)^2} \text{ [лк]}. \quad (2.25)$$

Вертикальна освітленість (на рівні 1,5 м над ДП):

$$E_{вер} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot \cos \alpha}{K_3 \cdot (H - 1,5)^2} \text{ [лк]}. \quad (2.26)$$

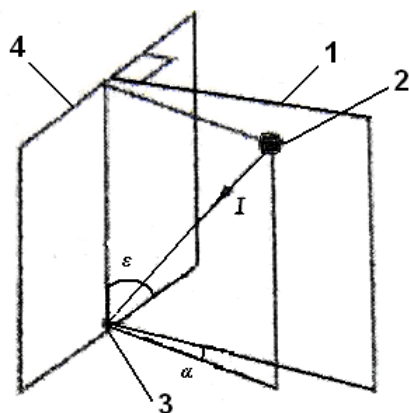


Рисунок 2.14 – До розрахування вертикальної освітленості:
1 – базисна вертикальна площина, перпендикулярна до вертикальної освітлюваної площини 4; 2 – ОП; 3 – розрахункова точка

Розрахункове поле, кількість і розташування розрахункових точок у повздовжньому напрямі визначаються аналогічно тому, як вони визначаються під час розрахування яскравості.

У поперечному напрямі число розрахункових точок N_2 визначається так: якщо ширина розрахункового поля $W_r \leq 4,5$ м, то число точок N_2 дорівнює 3, якщо $W_r > 4,5$ м, то N_2 дорівнює такому найменшому цілому числу, при якому крок $d = W_r/N_2 \leq 1,5$ м. До того ж крайні точки відстоять від меж розрахункового поля на відстані $d/2$.

Значення сумарної освітленості в розрахунковій точці Р, створюваною сукупністю n ОП, визначається сумою внесків освітленості E_i від кожного i -го ОП, тобто:

$$E_p = \sum_{i=1}^n E_i \quad (2.27)$$

У розрахуванні горизонтальної освітленості беруть участь тільки ті n ОП, які розташовуються всередині області, обмеженої колом із центром у розрахунковій точці й радіусом, рівним $5H$, де H – висота розташування ОП над освітлюваною поверхнею. Під час розрахування напівциліндричної та вертикальної освітленості зазначена область має форму півкола того самого радіуса, орієнтованого відповідно до напрямку базисної вертикальної площини.

Розрахункове поле ділянок з нестандартною геометрією

Ділянка зі стандартною геометрією – ділянка автомобільної дороги, проїзна частина якої має прямолінійне (у плані та профілі) полотно, довжина його обумовлюється побудовою поля для розрахування яскравості. Для таких ділянок розрахування освітлення проводять за яскравістю.

Ділянка з нестандартною геометрією – ділянка автомобільної дороги, що має відхилення від стандартної геометрії, наприклад, повороти, розвилки, в'їзди та з'їзди з естакад, криволінійні (у плані та профілі) ділянки тощо. У виконанні стандартних умов спостереження розрахунок освітлення таких ділянок проводять за яскравістю, у протилежному разі – за освітленістю.

Якщо освітлювальна ділянка має нестандартну геометрію, розрахункові точки вибирають у такий спосіб: зазначена ділянка вписується в прямокутник, в якому розмічається сітка розрахункових точок відповідно до правил, застосованих для ділянок зі стандартною геометрією. У розрахунку беруть участь тільки точки, що потрапили в область ділянки. У разі нерівномірного розташування ОП крок між ними не завжди можна зв'язати із кроком між розрахунковими точками, тому розташування точок може бути досить

довільним, але в кожному разі крок не повинен перевищувати 1,5 м як у поздовжньому, так і поперечному напрямку.

Вибір орієнтації базисної вертикальної площини під час розрахування напівциліндричної і вертикальної освітленостей має бути визначений відповідно до головних цілей використання даних пішохідних зон.

2.5 Розрахування нормативних параметрів

Нормативні параметри, що належать до яскравості або освітленості, варто визначати на відповідних розрахункових сітках без подальшої інтерполяції. Виняток становить випадок, коли вузли розрахункової сітки не потрапляють на осьову лінію смуги руху під час розрахування поздовжньої рівномірності яскравості. У цьому разі на осьових лініях визначаються розрахункові точки за тим самим правилом, що й під час визначення точок у поздовжньому напрямку. Під час розрахування початкових значень середньої яскравості й освітленості коефіцієнт запасу приймають рівним 1, а за встановленим терміном експлуатації рівним нормованому значенню.

Визначення розрахункових параметрів яскравості

Розрахування вказаних нижче параметрів проводять під час розташування спостерігача на кожній смузі руху.

Середня яскравість – середнє за вузлами розрахункової сітки значення яскравості ДП для спостерігача у стандартних умовах спостереження.

Середня яскравість $L_{сер}$ визначається як середнє арифметичне значень яскравостей у вузлах сітки розрахункового поля під час розташування спостерігача на осевій лінії смуги руху:

$$L_{сер} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N L_k \text{ [кд/м}^2\text{]}, \quad (2.28)$$

де L_k – яскравість [кд/м²] ДП в k-й розрахунковій точці поля від всіх ОП, що беруть участь у розрахуванні;

N – кількість розрахункових точок у розрахунковому полі.

Загальна рівномірність – відношення найменшого значення розрахункового параметра (яскравості, освітленості), визначеного у вузлах розрахункової сітки всього розрахункового поля, до середнього значення цього параметра. Під час розрахування за яскравістю розраховується для спостерігача у стандартних умовах спостереження.

Загальна рівномірність U_0 визначається як відношення найменшого значення яскравості L_{\min} у вузлах сітки розрахункового поля до значення середньої яскравості $L_{\text{сер}}$ у разі розташування спостерігача на осьовій лінії смуги руху:

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{\text{сер}}}. \quad (2.29)$$

Поздовжня рівномірність – відношення найменшого значення розрахункового параметра (застосовується тільки до яскравості) до найбільшого, визначених у розрахункових точках уздовж осьової лінії смуги руху, на якій розташований спостерігач за стандартних умов спостереження.

Поздовжня рівномірність U_1 визначається як відношення найменшого L_{\min} до найбільшого L_{\max} значень яскравості в розрахункових точках розрахункового поля, розташованих уздовж осьовій лінії смуги руху, у разі розташування спостерігача на цій самій осьовій лінії:

$$U_1 = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}. \quad (2.30)$$

Визначення розрахункових параметрів освітленості

Вказані нижче параметри стосуються всіх розглянутих різновидів освітленості: горизонтальної, напівциліндричної та вертикальної.

Середня освітленість – середнє по вузлах розрахункової сітки значення освітленості ДП.

Середня освітленість $E_{\text{сер}}$ визначається як середнє арифметичне значень освітленості у вузлах розрахункової сітки:

$$E_{\text{сер}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N E_k [\text{лк}], \quad (2.31)$$

де E_k – освітленість [лк] в k -ої розрахунковій точці поля від усіх ОП, що враховують у розрахуванні;

N – кількість розрахункових точок у розрахунковому полі.

Мінімальна освітленість E_{\min} визначається як найменше значення освітленості у вузлах розрахункової сітки.

Загальна рівномірність $U_0(E)$ визначається відношенням найменшого значення освітленості у вузлах розрахункової сітки E_{\min} до значення середньої освітленості $E_{\text{сер}}$:

$$U_0(E) = \frac{E_{\min}}{E_{\text{сер}}} . \quad (2.32)$$

Розрахування параметрів засліпленості

Зорове відчуття виникає внаслідок порушення елементів сітчастої оболонки в зоні зображення об'єкта, що знаходиться в полі зору. Крім елементів сітківки, розташованих у межах зображення, виявляються збудженими й елементи, суміжні з ними. Цю непряму дію випромінювання прийнято називати *зоровою індукцією*.

Явище зорової індукції призводить до зниження видимості. Найбільше помітно це зниження здатності бачити проявляється у разі наявності в полі зору ока джерел світла, яскравіших, ніж фон, що визначає рівень адаптації.

Дія на око тіл, що світять, поверхонь та взагалі яскравих об'єктів, що зменшують здатність бачити, прийнято називати *блискістю або сліпучою дією*.

Самі об'єкти, що світять, випромінювання яких має цю дію, називають *блискими або сліпучими*.

Зниження чутливості органа зору внаслідок індуктивної дії блисків джерел називається *засліпленістю*.

За наявності в полі зору блисків джерела гранична різниця яскравості при розгляданні об'єкта з яскравістю L'_o на тлі яскравості L_ϕ

$$\Delta L_s = L_\phi - L'_o$$

виявляється більш високою, ніж та сама різниця

$$\Delta L = L_\phi - L_o ,$$

коли в поле зору таких джерел немає.

Величину відношення $\frac{\Delta L_s}{\Delta L} = S$ приймають як міру сліпучої дії та називають *коефіцієнтом засліпленості*,

де ΔL_s – гранична різниця яскравості у разі наявності в полі зору блисків джерел;

ΔL – те саме, у разі відсутності блисків джерел.

Зменшення здатності бачити в наслідок засліпленості прийнято пояснювати виникненням *вуалюючої завіси*, що накладається на розглянутий об'єкт як вуаль і призводить до підвищення граничної різниці яскравості.

Відповідно до цього можна записати:

$$\frac{\Delta L_s}{\Delta L_{\text{нор}}} = \frac{L_{\text{ад}} + \beta_e}{L_{\text{ад}}}.$$

В умовах вулиць цей вираз має вигляд:

$$S = \left(1 + \frac{\beta_e}{L_{\text{ад}}}\right)^{0,6} = \left(1 + \frac{\beta_e}{L_n}\right)^{0,6} \quad (2.33)$$

де $L_{\text{ад}} = L_n$ – яскравість фону на якому перебувають розглянуті об’єкти й до якої адаптоване око.

З (2.33) видно, що для розрахунку коефіцієнта засліпленості необхідне визначення величини β_e , яку прийнято називати *яскравістю вуалюючої завіси або еквівалентною вуалюючою яскравістю*.

Унаслідок численних досліджень доведено, що яскравість завіси, яка вуалює, еквівалентна за своєю дією на око сліпучого джерела світла, пропорційна величині освітленості створюваної цим джерелом у площині зіниці ока спостерігача, швидко убуває зі збільшенням кута дії θ і залежить від яскравості фону, до якої адаптоване око, й спектрального складу випромінювання сліпучого джерела.

Цю величину, обумовлену дією на око одного джерела, можна розрахувати за формулою:

$$\beta_{ei} = C_\lambda C_L \frac{E_{\text{зін}}}{\theta_i^2}, \quad (2.34)$$

де $E_{\text{зін}}$ – освітленість, що створюється сліпучим джерелом у площині зіниці ока спостерігача;

θ_i – кут дії сліпучого джерела, утворений лінією зору й лінією, що з’єднує джерело світла й зіницю;

C_λ – коефіцієнт нееквівалентності сліпучої дії джерел світла, що зважає на вплив спектрального складу випромінювання ДС, рівний 1,1 для МГЛ, БЛ, СД; 1,3 для ламп типу ДРЛ й 0,9 для НЛВТ;

C_L – коефіцієнт, що залежить від рівня нормованої середньої яскравості ДП (рис. 2.15).

Яскравість вуалюючої завіси, еквівалентна дії на око декількох сліпучих джерел, дорівнює сумі β_e від усіх блиских джерел ряду, тобто $\beta_e = \sum_i \beta_{ei}$.

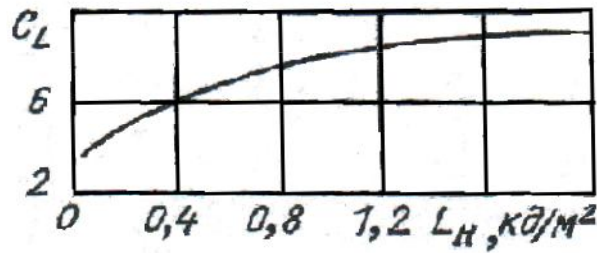


Рисунок 2.15 – Залежність коефіцієнта C_L від нормованої яскравості

На освітленій вулиці сліпучу дію роблять світильники кожного з рядів, що перебувають у полі зору водія або пішохода.

Дослідження та розрахунки показали, що під час визначення величини β_e достатньо враховувати дію тільки десяти світильників, що можна прийняти деякі фіксовані значення величини кутів дії θ і, отже, вводити в розрахування освітленості зіниці ока спостерігача значення сил світла світильників, які відповідають цим кутам.

З огляду на зазначене вище, виразу для величини β_e яскравості завіси, що вуалює, можна надати такого вигляду:

$$\beta_e = \frac{C_\lambda C_L}{3300 \cdot (H - h)^2} \cdot (0,88I_{75} + 0,82I_{80} + 2,1I_{85} + 1,55I_{90}), \quad (2.35)$$

де H – висота установки світильників;

h – висота (над поверхнею дорожнього покриття) розташування ока спостерігача;

$I_{75}, I_{80}, I_{85}, I_{90}$ – значення сили світла світильника в напрямках, що відповідають кутам у $75, 80, 85, 90^\circ$ з вертикаллю.

У випадках, коли проекція лінії зору спостерігача зміщена відносно проекції світильників на відстань Δb , величину β_e визначають за формулою

$$\beta_e = \frac{C_\lambda C_L}{3300[(H - h)^2 + \Delta b^2]} (0,88I_{75} + 0,82I_{80} + 2,1I_{85} + 1,55I_{90}). \quad (2.36)$$

З дозволеною для практики точністю можна вважати, що:

$$\left(1 + \frac{\beta_e}{L_n}\right)^{0,6} = 1 + 0,57 \frac{\beta_e}{L_n} \quad (2.37)$$

і вираз для величини коефіцієнта засліпленості має такий вигляд:

$$S = 1 + \frac{0,57}{k_3 L_n} \sum_i^M \beta_{ei}, \quad (2.38)$$

де M – число рядів світильників, що роблять сліпучу дію.

Як критерій оцінки сліпучої дії вуличних освітлювальних установок приймають **показник засліпленості**, рівний

$$P = (S - 1)1000$$

та

$$P = \frac{570}{k_3 L_n} \sum_i^M \beta_{ei} \quad (2.39)$$

Пороговий приріст (ТІ) – нормований параметр, що регламентує сліпучу дію ОП на водія при освітленні ділянок доріг зі стандартною геометрією за рекомендаціями МКО.

Пороговий приріст яскравості TI розраховують за формулою:

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{сер}^{0,8}} [\%], \quad (2.40)$$

де L_v – еквівалентна вуалююча яскравість, що визначається як:

$$L_v = 10 \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\theta_i^2}, \quad (2.41)$$

де E_i – освітленість на зіниці ока спостерігача від i -го ОП, лк;

θ_i – кут між напрямком на θ_i -й ОП і лінією зору спостерігача, град.;

n – кількість ОП, на яку зважають у розрахунку.

Освітленість E_i розраховують як освітленість у точці, розташованій на висоті 1,5 м над полотном дороги в площині, перпендикулярній до лінії зору спостерігача, який знаходиться в стандартних умовах спостереження:

$$E_i = \frac{I_i(C, \gamma) \cdot \Phi \cdot \cos^2 \varepsilon_i \cdot \cos \theta_i}{(H_i - 1,5)^2}, \quad (2.42)$$

де ε_i – кут між падаючим променем і вертикаллю.

Підсумовування в (2.41) проводять по рядах ОП, починаючи з першого поперед спостерігача ОП, неекранованого кабіною автомобіля, і обмежується тими ОП, внесок яких становить не менше 2 % від сумарного значення L_v створеного попередніми ОП певного ряду. До того ж відстань від ОП до

спостерігача не повинна перевищувати 500 м, а значення кута θ_i , не виходити за межі інтервалу $1,5^\circ\text{--}60^\circ$.

Величина середньої яскравості $L_{сер}$, що входить у формулу (2.40) визначається при $K_3 = 1$. Формула справедлива для значень $L_{сер}$, що перебувають в інтервалі $0,05\text{--}5$ кд/м².

Значення TI розраховують для спостерігача, послідовно розташованого в N_I точках, що лежать на осі смуги руху. Перша точка відстоїть від границі розрахункового поля на відстані 2,75 ($H = 1,5$) м, обумовленому кутом екранування ОП кабіною автомобіля, прийнятим рівним 20° відносно майданівини горизонту (рис. 2.16). Точки розташування спостерігача розміщаються із кроком $D_I = S/N_I$, де S – крок між ОП. Значення N_I встановлюють так само, як під час розрахування яскравості. Розрахування TI проводять у разі розташування спостерігача на кожній смузі руху.

У цьому разі показник засліпленості P можна розрахувати за формулою:

$$P = 1000 \left(\left(1 + C_\lambda C_L \frac{L_v}{L_{cp}} \right)^{0,6} - 1 \right), \quad (2.43)$$

де L_v і $L_{сер}$ – вуалююча та середня яскравості, визначені так само, як під час розрахування TI .

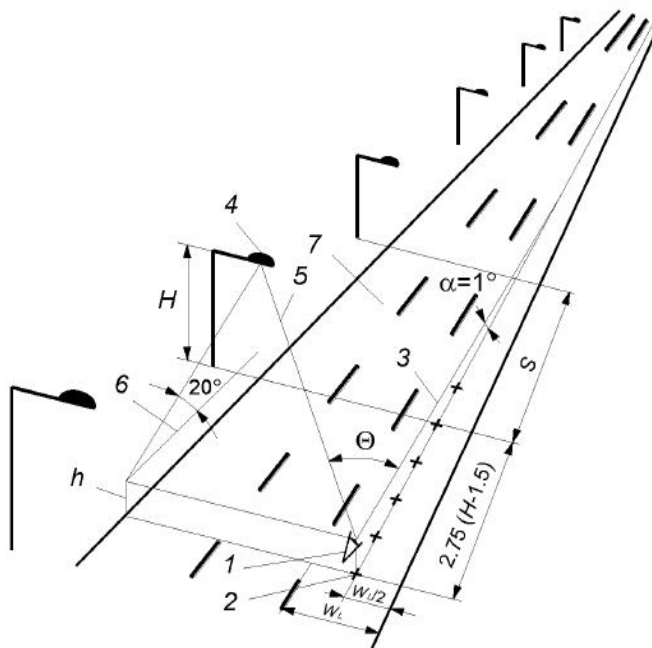


Рисунок 2.16 – До розрахування TI :

1 – спостерігач; 2 – точки розташування спостерігача; 3 – лінія зору;
4 – ОП; 5 – площа екранування; 6 – лінія обрію; 7 – розрахункове поле

Положення спостерігача й кількість ОП, які враховують у розрахуванні, визначають так само, як при розрахунку показника TI .

Гранична сила світла ОП $I_{гран}$. Перевірку на відповідність цьому показнику виконують для ОП, що потрапили в розрахункове поле ділянки з нестандартною геометрією, для двох значень регламентованого полярного кута ε : 80° й 85° , відлічуваного від вертикалі (надира) до ОП (рис. 2.5).

Спочатку для обраного ОП, що має параметри розміщення (x_i, y_i, H_i) і орієнтації $(\nu, \delta$ і $\psi)$ відносно системи координат (x, y) певної ділянки (п. 2.3), визначають координати (x_n, y_n) точки розташування ока спостерігача, в якій лінія зору, спрямована на певний ОП, становить регламентований кут ε із надиром до ОП.

Координати цієї точки визначають як рішення системи рівнянь траєкторії руху спостерігача вздовж осьової лінії обраної смуги руху й кола із центром у точці (x_i, y_i) і радіусом

$$R_i = (H_i - h)tg\varepsilon, \quad (2.44)$$

де H_i та h – висота розташування ОП й ока спостерігача над ДП ($h = 1,5$ м).

Для прикладу (W_L – ширина смуги руху) :

$$\begin{aligned} y_H &= -3W_L / 2, \\ x_H &= x_i - \sqrt{R_i^2 - (y_i - y_H)^2}. \end{aligned}$$

Далі здійснюють розрахунок сили світла ОП у напрямі цієї точки відповідно до процедури, описаної в пункті 2.3, у підстановці $x = x_n - x_i$, $y = y_n - y_i$ і $H = H_i - h$. Знайдене значення сили світла $I(x_n, y_n; x_i, y_i)$ порівнюють із регламентованим значенням $I_{гран}(\varepsilon)$ для даного кута ε .

Розрахунок повторюють для всіх смуг руху (у разі двобічного руху – в обох напрямках) і для всіх ОП, розташованих на цій ділянці.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Методики розрахунку кількісних та якісних характеристик установок штучного зовнішнього освітлення.
2. Системи фотометрирування ОП.
3. Світлові властивості й класифікація дорожніх покриттів.
4. Редукований коефіцієнт яскравості.
5. Формування таблиці коефіцієнтів яскравості.
6. Розрахунок сили світла освітлювального приладу.
7. Розрахунок головних фотометричних показників.
8. Розрахунок нормативних параметрів.
9. Розрахунок параметрів засліпленості.

3 ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

Методи, що застосовують під час вимірювання світлотехнічних характеристик освітлення міських територій, повинні відповідати меті вимірювань [6, 10, 11]. Якщо ці вимірювання необхідні для порівняння з розрахунковими даними, для забезпечення показового порівняння потрібна найвища точність. Якщо ці вимірювання необхідні для контролю стану освітлювальної установки, то достатньо отримати порівняно обмежене число показників із віддалених однієї від одної точок. У цьому разі важливо, щоб вимірювання для контролю стану проводилися однаково. В інших випадках дозволено застосовувати вибірковий контроль.

Звіт про випробування повинен містити всю інформацію, важливу для вимірювань. Додаток Б містить приклад форм протоколу.

3.1 Фотометричні вимірювання. Умови проведення

1. Стабілізація після включення. Розрядні лампи потребують певного часу для стабілізації світлового потоку. Тому перед безпосередньо світлотехнічними вимірюваннями освітлювальних установок необхідні попередні вимірювання освітленості в тих самих точках через рівні проміжки часу, щоб переконатися у встановленні стабільності.

Для контролю стабільності під час вимірювань необхідно проводити контрольні зняття показників (див. додаток Б).

2. Кліматичні умови. Кліматичні умови не мають, якщо це можливо, впливати на результати вимірювання, крім випадків, коли цей вплив передбачений. Високі або низькі температури можуть впливати на світловий потік чутливих у температурному відношенні ламп або на точність вимірювального обладнання. Конденсація вологи на поверхнях вимірювальних приладів, що пропускають світло або на їхніх електричних схемах може вплинути на точність вимірювань. Висока швидкість вітру може призвести до коливань світильників або вібрацій вимірювальних приладів. Вона може також знизити температуру ламп і таким способом вплинути на світловий потік чутливих у температурному відношенні ламп. Навіть незначна вологість дорожньої поверхні може значно змінити яскравість дорожньої поверхні. Здатність атмосфери пропускати світло впливає на світло, яке попадає на вимірювану поверхню або, під час вимірювання яскравості, впливає на яскравість вимірюваної поверхні.

3. Стороннє і розсіяне світло. Якщо вимірювання проводиться тільки для отримання світлотехнічних характеристик вуличної освітлювальної установки, потрібно вимкнути або відповідно брати до уваги пряме або відбите світло оточення. Вжиті заходи мають бути відображені в протоколі вимірювання.

Світло від оточення може падати від вітрин, рекламних щитів, сигнальних вогнів, ліхтарів транспортних засобів, інших освітлювальних установок. Це може бути світло, відбите від поверхні снігу на узбіччях дороги і т.ін. У деяких випадках це світло можна екранувати або вимкнути. В інших випадках необхідно провести корекцію, що базується на окремому вимірюванні за вимкненим вуличним освітленням. Корекція для денного світла може бути зроблена тільки за стійкою хмарністю.

Якщо мова йде про вимірювання прямого світла освітлювальної установки, для вимірювання варто обирати ділянки, вільні від об'єктів, що утворюють тіні. Такими об'єктами можуть бути дерева, автомобілі на паркуванні, елементи вуличного оснащення. Наявність таких об'єктів фіксують у протоколі вимірювань (див. додаток Б).

4. Вимірювання з автомобіля, що рухається. Характеристики освітлювальної установки можуть бути виміряні з автомобіля, що рухається. Головні розходження між динамічними й статичними вимірюваннями:

- число точок вимірювання у випадку динамічних вимірювань більше;
- вимоги стосовно місця розташування спостерігача й розташування растрових точок у випадку динамічних вимірювань виконати важко або взагалі неможливо.

Для забезпечення достовірних результатів під час динамічних вимірювань, необхідно, щоб:

- для кожної точки вимірювання положення фотометричної голівки було відносно прив'язане за значенням висоти, віддаленням у повздовжньому напрямі й поперечному напрямі або координат до постійної величини, наприклад бордюрного каменя;
- вплив на результати вимірювання автомобіля, зокрема тіні від автомобіля, відбиття світла або електронних перешкод був зведений до мінімуму;
- автомобіль був оснащений вимірювальними приладами, що відповідають нормативним вимогам.

У разі вимірювання з автомобіля, що рухається, має бути складений протокол вимірювання за формою (див. додаток Б).

3.2 Нефотометричні вимірювання. Головні умови та вимоги

Під час вибору нефотометричних величин зазвичай потрібно зважати на мету проведення вимірювань. Якщо дані вимірювань необхідні для порівняння з розрахунковими даними, потрібні точніші нефотометричні вимірювання. Якщо дані необхідні для контролю стану освітлювальної установки, достатньо провести менш точні нефотометричні вимірювання.

Під час визначення геометричних показників освітлювальної установки варто зважати на вимірювання габаритів освітлювальної установки, висоти щогл і довжини кронштейнів, а також нахилу кронштейнів, їхню орієнтацію та кут повороту світильників.

Рекомендується спочатку виміряти напругу живлення на щоглах. Під час вимірювань необхідно, якщо це можливо, тримати напругу живлення під спостереженням. Для цієї мети потрібно здебільшого застосовувати вольтметр, що реєструє.

Температуру необхідно вимірювати на висоті 1,0 м над дорожнім полотном з інтервалом в 30 хвилин.

Всі прилади мають бути відкалібровані (повірені). Вимоги до дотримання класу точності приладів можуть пропонуватися умовами тендера або специфікацією.

Щоб дійти висновку про відповідність отриманих під час вимірювання і розрахування величин, потрібно, щоб розташування растрових точок, в яких проводилися вимірювання, а також місце розташування спостерігача відповідали закладеним під час розрахування. Якщо з тимчасових або інших

причин проведення великої кількості спостережень неможливо, дозволяється обмежитися меншим числом спостережень, що, однак, спричиняє зниження точності. Дозволено виявляти максимальне й мінімальне значення шляхом пошуку, а не зняттям великої кількості показників.

3.3 Порядок вимірювання освітленості дорожнього покриття

Освітленість повинна вимірюватися за допомогою люксметра, характеристики якого відповідають меті вимірювань. Якщо виміри проводяться для контролю стану, абсолютне калібрування люксметра не потрібно, однак рекомендується зважати на тимчасову стабільність люксметра.

Для вимірювання горизонтальної та вертикальної освітленості необхідно мати протокол вимірювання освітленості на площині. Для вимірювання напівциліндричної освітленості необхідний спеціальний протокол.

Приймальна площадка фотометричної голівки під час вимірювання горизонтальної освітленості має бути розташована горизонтально та якнайближче до землі. Якщо це неможливо, приймальна площадка повинна знаходитися на відстані до 200 мм над землею, висота має бути вказана в протоколі вимірювань.

Центр приймальної площадки фотометричної головки під час вимірювання напівциліндричної та вертикальної освітленості повинен розташовуватися на відстані 1,5 м над землею та вертикально. Приймач має бути правильно юстований, зазвичай у поздовжньому напрямі.

Растр точок вимірювання необхідно, по можливості, вибирати з описаних у розділі 2 сіток, крім випадків, коли альтернативна сітка визнається придатнішою. Фотометричну головку потрібно розташовувати прямо над точкою вимірювання.

3.4 Порядок вимірювання яскравості дорожнього покриття

Яскравість дорожнього полотна вимірюють відкаліброваним яскравоміром, властивості якого відповідають меті вимірювань.

Для вимірювання яскравості дорожнього полотна в певній точці яскравомір повинен мати вертикальну кутову апертуру 2' і горизонтальну кутову апертуру 20'. Величина вимірюваної поверхні на вулиці не повинна перевищувати 0,5 м у поперечному напрямі й 2,5 м у поздовжньому напрямі. Для визначення середньої яскравості одним вимірюванням, прилад повинен мати світлозахисну бленду, що дозволяє вимірювати світло тільки певної

ділянки дорожнього полотна. Кут огляду вимірювального приладу повинен становити $(89 \pm 0,5)^\circ$ до перпендикуляра дорожнього полотна.

Сітка точок вимірювання має відповідати розрахунковій сітці, крім випадків, коли інша сітка вимірювань вважається придатнішою. Місця розміщення яскравоміра повинні відповідати місцю розташування спостерігача.

Через просторові й тимчасові зміни відбиваючих властивостей дорожнього полотна розходження між отриманими й розрахунковими значеннями яскравості можуть бути значними. Рекомендується порівнювати отримані й розрахункові значення. Перевага цього полягає також у тому, що можна відмовитися від вимірювань яскравості, які складно проводити на місцевості.

В ідеальному випадку для вимірювання сухого дорожнього полотна потрібно взяти проби дорожнього покриття для лабораторних вимірювань. Це дорогий, складний і непрактичний метод. На сьогодні не існує загальнодоступного, переносного приладу, за допомогою якого можна було б провести ці вимірювання. Візуальний огляд може виявити розходження ділянок дорожнього полотна, що виникли внаслідок зносу або масляних відкладень. Ці розходження добре видно на світлому дорожньому покритті, наприклад на бетоні, і вони мають бути зафіксовані в протоколі вимірювань (див. додаток Б).

Вологість значно впливає на яскравість дорожньої. У разі вологого покриття вимірювання яскравості проводити заборонено. Атмосферна абсорбція редує світло, що падає на поверхню дорожнього покриття та світло від поверхні дороги, що досягає приймальної площадки яскравоміра.

Якщо вимірювання проводять для контролю стану освітлювальної установки, абсолютне градування не потрібно, але рекомендується зважати на тимчасову стабільність яскравоміра. До того ж до поля вимірювання не повинні ставитися такі високі вимоги, як описано вище.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Умови проведення фотометричних вимірювань.
2. Нефотометричні вимірювання.
3. Порядок вимірювання освітленості дорожнього покриття.
4. Порядок вимірювання яскравості дорожнього покриття.

4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

4.1 Головні фактори, що впливають на зниження параметрів освітлювальних установок

Забруднення. Повітряне середовище залежно від ступеня його забруднення та впливу на освітлювальну установку може бути розподілене на три категорії, характеристики яких наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Категорії середовища за забрудненням

Категорія навколишнього середовища	Забруднення	Густина зважених часток, мг/м ³	Зразковий опис навколишніх умов
1	Низьке	0–0,2	Забудова, віддалена від джерел забруднення, гарне озеленення, рух автомобілів середній
2	Середнє	0,2–0,4	Багатоповерхова забудова, рух інтенсивний
3	Високе	0,4–0,6	Промислова зона, наявність надходжень диму й пилю, багатоповерхова забудова, рух високоінтенсивний

При цьому категорія 1 збігається з відповідною в рекомендаціях МКО (CIE132 – 199 154:2003), категорії 2 й 3 укладаються в другу (середню) за МКО.

Забруднення ламп й оптичних систем світильників призводить до зниження рівня освітленості (яскравості) в установках зовнішнього освітлення в процесі експлуатації. Зниження має експоненціальний характер. Закриті світильники є добре ущільненими та мають беззаперечні переваги перед відкритими, відбивачі яких швидко забруднюються. Забруднення світильників призводить до збільшення нерівномірності розподілу освітленості та яскравості покриття, до того ж більшою мірою воно впливає на збільшення нерівномірності розподілу освітленості. Тому під час визначення необхідності проведення обслуговування установок дозволено обмежуватися вимірюванням середньої освітленості.

Для забезпечення підтримки нормованих світлотехнічних параметрів освітлювальних установок вулиць і доріг із регулярним рухом транспорту, а також у зонах забруднення категорії 3 варто використовувати світильники зі ступенем захисту від впливу навколишнього середовища не нижче за IP 53.

У зонах категорій 1 і 2, в місцях відсутності руху транспорту (пішохідні вулиці, непроїзні частини площ), добре озелених місцях (двори житлових просторів, сквери тощо) дозволено застосовувати світильники зі ступенем захисту IP23, IP33.

Зміна параметрів світлотехнічних виробів у процесі експлуатації

В освітлювальних установках зовнішнього освітлення варто застосовувати такі енергоекономічні розрядні лампи:

- натрієві лампи високого тиску, що мають високу світлову віддачу, великий термін служби й досить невеликий спад світлового потоку до кінця терміну служби за задовільною передачею кольору;
- металогалогенні лампи, в яких висока світлова віддача поєднується з гарною якістю передачі кольору;
- розрядні лампи низького тиску, зокрема лінійні люмінесцентні лампи Т5, компактні люмінесцентні лампи, натрієві лампи низького тиску;
- обсяг застосування малоефективних ламп (типу ДРЛ, ЛР) має скорочуватися.

В установках з ускладненим доступом для обслуговування світильників доцільно застосовувати світлодіодні та безелектродні індукційні лампи, що мають термін служби не менше ніж 50 тис. год.

Переважні галузі застосування ДС: у транспортних зонах – НЛВТ, НЛНТ; у пішохідних зонах – МГЛ, БЛ, ЛЛ, КЛЛ і СД.

Під час планування витрати виробів необхідно базуватися на реальному терміну служби виробів, визначеному на основі аналізу статистичних даних про відмови світлотехнічних виробів (ламп, ПРА, ІЗУ, ЕУ) у процесі експлуатації. До того ж повинні чітко фіксуватися реальні умови роботи ОУ, зокрема коливання напруги мережі, температури, вібрації тощо.

Наближена оцінка впливу відхилень напруги живлення на середню яскравість покриття і термін служби ламп наведена у формулах (4.2), (4.3) розділу 4.3.

4.2 Екологічні вимоги та їхнє врахування

Ртуть займає одне з перших місць у «чорних списках» речовин, що підлягають особливому екологічному й гігієнічному контролю. Це обумовлено її екологічними, геохімічними й токсикологічними властивостями, що проявляються в широкому спектрі негативних впливів на живі організми.

Відповідно до діючих норм гранично припустима концентрація (ГПК) парів металевої ртуті в повітрі робочої зони становить $0,01 \text{ мг/м}^3$ (за середньозмінному значенні ГПК, рівному $0,005 \text{ мг/м}^3$). ГПК ртуті для повітря, яким дихають жителі населених пунктів, не мають перевищувати $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

У вітчизняних люмінесцентних лампах загального застосування міститься від 30 до 50 мг ртуті, у лампах ДРЛ – від 25 до 100 мг (за даними Європейських виробників: у ЛЛ – 15 мг; у КЛЛ – 5 мг; у МГЛ і ДРЛ – по 30 мг), тому загальний об'єм ртуті, що викидається щорічно з лампами, які вийшли з ладу, є високим. Це може нищівно позначитися у разі неупорядкованого зберігання та вивозу ламп не тільки на смітники, сміттєспалювальні й сміттєпереробні заводи, але й безпосередньо в приміщення та територію підприємств, які займаються експлуатацією установок. Необхідно усунути випадки безладного викидання та побиття ламп.

Перегорілі лампи потрібно акуратно збирати та зберігати в пакувальній тарі в призначених для цього приміщеннях (складах) до вивозу в пункти утилізації, дезактивації або поховання, які визначають місцеві органи відповідно до ДБН В.2.4–4:2010 [12]. Варто вести звітність стосовно ламп, що містять ртуть і ртутні з'єднання.

Якщо лампа з якої-небудь причини розбилася у приміщенні, необхідно зібрати ртуть або амальгаму гумовою грушею, а місце, де розбилася лампа, промити одновідсотковим (не менше) розчином марганцевокислого калію або хлорного заліза. Персонал, який працює з лампами, що містять ртуть або ртутні з'єднання, повинен мати в своєму розпорядженні вказані хімічні речовини.

Комплекс заходів з охорони навколишнього середовища з погляду утилізації ртутньомістких відходів охоплює:

- організацію збору газорозрядних ламп, що містять ртуть, які вийшли з ладу; ведення звітності бригад за здавання замінюваних в установках зовнішнього освітлення вказаних ламп;

– організацію зберігання ламп, які вийшли з ладу, у спеціально відведених для цієї мети приміщеннях і вивіз їх на спеціалізовані підприємства для утилізації або на спеціальні смітники для поховання.

Експлуатацію зовнішніх освітлювальних установок необхідно проводити відповідно до вітчизняних і міжнародних документів із захисту навколишнього середовища.

Утилізація ламп, що вийшли з ладу, які містять ртуть, повинна проводитися під суворим контролем. Необхідна чітка організація спеціальних заходів щодо збору, зберігання та вивозу газорозрядних ламп, які вийшли з ладу, на спеціалізовані підприємства для утилізації або на спеціальні смітники для поховання (див. додаток Г). Забороняється вивозити лампи, що вийшли з ладу, які містять ртуть, на міські смітники, сміттєспалювальні й сміттєпереробні заводи. Забороняється, без попереднього очищення, спускати стічні води ділянки мокрого чищення світильників, включаючи відпрацьовані миючі розчини, в річки, озера, ставки або яри, а також у ґрунт через вбирні колодязі.

Стоки ділянки мокрого чищення дозволено спускати в систему міської каналізації, оскільки вони не відрізняються за складом від побутових стоків.

Здійснювати періодичну обрізку розкидистих дерев, які екранують світильники й заважають руху транспорту, дозволено тільки в співробітництві й за узгодженням з міськими організаціями з озеленення.

Під час приймання в експлуатацію нових освітлювальних установок, а також після проведення їхньої реконструкції або капітального ремонту необхідно робити критичну оцінку можливої її негативної дії на екологію:

- на рівень викиду шкідливих речовин в атмосферу (максимально можливе виконання заходів щодо енергозбереження);

- на життєдіяльність людини (обмеження засвічування вікон, зменшення дискомфорту, створення сприятливого розподілу яскравості й передачі кольору правильним вибором характеристик світильників і ламп);

- на обмеження нічного засвічування небосхилу (вибір світильників зі зменшеною долею світлового потоку у верхню напівсферу);

- на життєдіяльність рослин, комах і тварин (доцільне розміщення світильників у парках, скверах тощо і правильний вибір їхніх характеристик: яскравості й світлорозподілу світильників, а також підбір типу лампи за спектральними характеристиками).

Забезпечення екологічної безпеки

Усі елементи світильників, що вийшли з ладу (лампи, ПРА, конденсатори, захисні оболонки) і становлять екологічну небезпеку, мають бути утилізовані.

Розрядні джерела світла, що містять ртуть (ЛЛ, КЛЛ, ДРЛ, МГЛ, НЛВТ), необхідно вивозити на спеціалізовані підприємства для демеркурізації з метою подальшої безпечної утилізації або повторного використання витягнутих токсичних та інших компонентів.

Утилізація натрієвих ламп, що містять металевий натрій, повинна бути строго контрольована й проводитися у спеціальних умовах через небезпеку утворення горючого й вибухонебезпечного газоподібного водню у разі зіткнення з водою. Заходи й засоби утилізації ламп мають відповідати сучасним екологічним і санітарно-гігієнічним вимогам.

4.3 Коефіцієнт запасу (коефіцієнт експлуатації)

Для компенсації спаду рівня освітлення у процесі експлуатації під час проектування освітлювальних установок вводиться коефіцієнт запасу, значення якого диференційовані залежно від конструктивно-світлотехнічної схеми світильника й застосовуваної в ньому лампи: для освітлювальних установок із лампами НЛВТ – $K_z = 1,5$ (для світильників зі ступенем захисту IP 23) і $K_z = 1,4$ (для світильників зі ступенями захисту IP 53 і вище); для освітлювальних установок з іншими розрядними лампами (ДРЛ, МГЛ, ЛЛ, КЛЛ) – $K_z = 1,6$ й $1,5$ відповідно. Для освітлювальних установок зі світлодіодами $K_z = 1,2$.

У рекомендаціях і стандартах МКО введений коефіцієнт експлуатації пов'язаний зворотним відношенням із коефіцієнтом запасу. Значення коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки не регламентуються; вони мають розраховуватися за окремою методикою і водночас із програмою обслуговування відображатися у проекті освітлювальної установки.

Методика розрахування коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки (за рекомендаціями МКО)

Коефіцієнт експлуатації освітлювальної установки (LMF), рівний $1/K_z$, для конкретного часу розраховують за формулою (у разі, відсутності відбиваючих поверхонь):

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF, \quad (4.1)$$

де $LLMF$ – коефіцієнт зниження світлового потоку лампи;

LSF – показник живучості лампи (частина повної кількості ламп, які продовжують працювати після зазначеного часу роботи);

LMF – коефіцієнт експлуатації світильника.

Величина кожного показника залежить від певної лампи, світильника, умов середовища та часу.

Порядок розрахування:

1. Вибір типу лампи та світильника.
2. Визначення періодичності групової заміни ламп.
3. Визначення коефіцієнта зниження світлового потоку лампи $LLMF$ із таблиці 4.2 за період, встановлений на етапі 2.
4. Визначення показника живучості лампи LSF із таблиці 4.3 (у разі необхідності).
5. Визначення інтервалу чищення світильників і навколишніх поверхонь (у разі необхідності).
6. Виходячи зі ступеня захисту IP світильника, категорії забруднення навколишнього середовища й періодичності чищення визначення величини коефіцієнта експлуатації світильника LMF із таблиці 4.4.
7. Обчислення коефіцієнта освітлювальної установки MF за формулою (4.1).

У разі необхідності, обчислюють коефіцієнт експлуатації освітлювальної установки для декількох варіантів, змінюючи вихідні параметри.

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнта зниження світлового потоку ламп ($LLMF$)

Тип лампи	Тривалість роботи лампи (у тис. год.)				
	4	6	8	10	12
НЛВТ	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
МГЛ	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
ДРЛ	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
НЛНТ	0,98	0,96	0,93	0,92	0,91
ЛЛ трьохкомп.	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
ЛЛ галофосфат	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
КЛЛ	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84
СД	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97

Таблиця 4.3 – Значення показника живучості ламп (LSF) – частини повної кількості ламп, які продовжують працювати

Тип лампи	Тривалість роботи лампи (у тис. год.)				
	4	6	8	10	12
НЛВТ	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
МГЛ	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
ДРЛ	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
НЛНТ	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
ЛЛ трьохкомп.	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
ЛЛ галофосфат	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
КЛЛ	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50
СД	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти зниження світлового потоку світильників унаслідок забруднення (за матеріалами МКО, коефіцієнт LMF)

ІР оптичного блоку	Оцінка забруднення	Тривалість впливу (роки)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	Середня	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Низька	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	Середня	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Низька	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	Середня	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Низька	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Місце

Міські автомобільні дороги на окраїнах великих промислових міст

Система освітлення

12-ти метрові опори, обладнані двома світильниками зі ступенем захисту IP65, з лампами типу НЛВТ

Умови роботи

4000 годин у рік (від сходу до заходу сонця)

Графік обслуговування

Чищення та заміна ламп – один раз в кожні три роки

Із таблиці 4.2 визначимо $LLMF = 0,90$ для 12000 годин періодичності заміни

Із таблиці 4.4 визначимо $LMF = 0,87$ для світильників зі ступенем захисту IP65.

Отримуємо:

$$MF = 0,90 \cdot 0,87 = 0,783 = 0,78.$$

Якщо чищення виконується щорічно,

$$LMF = 0,92 \text{ й } MF = 0,90 \cdot 0,92 = 0,828 = 0,83.$$

Це робить установку ефективнішою на 5 %, може забезпечити економію більше за 5 % на установку для підтримки розрахункової яскравості/освітленості.

Для досягнення необхідної освітленості можуть бути розглянуті різні графіки обслуговування.

Загальною практикою є одночасна заміна ламп і чищення світильників, але чищення ламп і світильників між зміною ламп може бути вигідне у разі великого забруднення або у разі подовження періоду між замінами ламп.

Коефіцієнт експлуатації не залежить від часу горіння ламп.

Розрахунок очікуваних змін параметрів установки за умови відхилень напруги живлення під час експлуатації

Наближена оцінка впливу відхилень напруги живлення (у межах ± 10 %) на рівень яскравості покриття може бути виконана за формулою:

$$L_{вст} = L_{вст.ном} \left[1 - K_{np} \left(1 - \frac{U_{вим}}{U_{ном}} \right) \right], \quad (4.2)$$

де $L_{вст.ном}$ – середня яскравість покриття за номінальною напругою мережі, $U_{ном}$;

$L_{вст}$ – середня яскравість покриття за напругою $U_{вим}$, що відрізняється від номінальної (не більш ніж ± 10 %);

K_{np} – значення зміни світлового потоку джерела світла (у відсотках) на 1 % зміни напруги живлення.

Для ламп НЛВТ: $K_{np} = 2$, для ламп МГЛ $K_{np} = 3$.

Очікуваний термін служби ламп $T_{сер}$ може бути визначений так:

$$\tau_{сер} = \frac{\tau_n}{\sum \frac{a_i}{\tau_i}}, \quad (4.3)$$

де τ_n – номінальний термін служби ламп в умовах стабільної номінальної напруги U_n ;

a_i – відносна тривалість інтервалу з напругою $U_{вим}$;

τ_i – термін служби ламп за напругою $U_{вим}$, у відсотках від номінального.

Під час приймання в експлуатацію нових освітлювальних установок, а також після проведення їхньої реконструкції або капітального ремонту необхідно провадити вимірювання параметрів освітлення на відповідність вимогам норм. Значення вимірюваного рівня освітлення у цьому разі повинні перевищувати нормовані в межах коефіцієнта запасу, однак перевищення зазвичай не має бути більше двох.

4.4 Технічне обслуговування освітлювальних установок

Технічне обслуговування охоплює комплекс робіт, спрямованих на забезпечення безперебійного функціонування установок і запобігання їхньому передчасному зношуванню як у нормальному режимі експлуатації, так і у разі його раптового порушення шляхом своєчасного виявлення й усунення виникаючих відмов і забезпечення регламентного зовнішнього вигляду установок.

До складу робіт із технічного обслуговування належать:

- забезпечення регламентованого режиму роботи установок шляхом своєчасного вмикання, часткового або повного вимикання, оперативного контролю придатності й відповідності стану установок заданому режиму;
- підтримування світлотехнічних параметрів установок шляхом заміни ламп, які вийшли з ладу або різко знизили світловий потік, проведення чищення світильників, заміну окремих відбивачів, захисних стекол, пошкоджених або параметри яких знижено, а також ПРА, ІЗУ та ЕУ, відновлення правильного положення кронштейнів світильників, прожекторів відносно освітлюваного об'єкта;
- проведення планового контролю рівнів освітлення в установках замовником на відповідність світлотехнічним нормам;
- здійснення періодичних і позачергових оглядів установок із метою своєчасного виявлення й усунення відмов у їхній роботі;

- проведення фарбування металевих опор і кронштейнів, шаф пунктів живлення щороку в літній період на магістральних вулицях і в місцях масового гуляння;
- вимірювання рівнів напруги та струмів у пунктах живлення на відповідність розподілу світильників за фазами й розміром навантаження;
- виконання невідкладних робіт із ліквідації раптових відмов в установках, зокрема відмов електроустаткування та пристроїв керування, ушкодження опор і мереж електроживлення;
- участь у прийманні нових установок і пристроїв в експлуатацію.

Режими роботи установок

Вечірнє освітлення потрібно вмикати за природною освітленістю 20 лк, а вимикати – ранком, не раніше підвищення природної освітленості до 10 лк.

Уночі дозволено передбачати зниження рівня зовнішнього освітлення міських вулиць, доріг і площ за нормованою середньою яскравістю більше ніж $0,4 \text{ кд/м}^2$ або середньої освітленості більше ніж 4 лк шляхом вмикання не більше половини світильників, або без вимикання світильників за допомогою регулятора світлового потоку розрядних ламп високого тиску в установці до рівня не нижче ніж 50 % її нормованого рівня зовнішнього освітлення. Не дозволено в нічний час вимикання кожного другого світильника у разі їхнього однорядного розташування й установки одного світильника на опорі.

Із метою отримання додаткової економії електроенергії у вечірній і ранковий темний час доби дозволено знижувати рівень освітлення:

- на 30 % у разі зменшення інтенсивності руху до $1/3$ максимальної величини;
- на 50 % у разі зменшення інтенсивності до $1/5$ максимальної величини.

На вулицях і дорогах за нормованими величинами середньої яскравості $0,3 \text{ кд/м}^2$, або середньої освітленості 4 лк і менше, на пішохідних містках, автостоянках, пішохідних алеях і дорогах, внутрішніх, службово-господарських і пожежних проїздах, а також на вулицях і дорогах сільських поселень часткове й повне вимикання освітлення в нічний час не дозволено.

Для об'єктів, освітлення яких має сезонний характер, у неробочу (несезонну) пору року приймають режими роботи установок, аналогічні нічному.

За централізованим керуванням вмикання та вимикання освітлювальних установок вулиць, доріг, проїздів, майданів, територій мікрорайонів тощо має проводитися диспетчерським персоналом за графіком, затвердженим для міста

загалом. Відхилення від графіка допускається за несприятливих погодних умов, але не більше ніж на 15 хв, з фіксацією в журналі чергового диспетчера.

За децентралізованим керуванням відхилення від графіка дозволено в межах технічних даних приладів керування, але не більше ніж на 15 хв у ту або іншу сторону.

Чергування персоналу в диспетчерському пункті має бути цілодобовим. Оперативний контроль пристроїв централізованого керування освітлювальними установками повинен проводитися відповідно до регламенту.

Під час виконання робіт з обслуговування та поточного ремонту Центральною диспетчерською службою дозволено робити в денні часи короткочасні пробні ввімкнення окремих ділянок установок тривалістю не більше ніж 15 хв, що має бути зафіксоване в журналі чергового диспетчера.

Освітлювальні установки підземних переходів мають працювати цілодобово, надземних мостових пішохідних переходів – у режимі роботи установок зовнішнього освітлення міста.

Рівні освітлення та відсоток горіння світильників

Освітлювальні установки, які підтримуються в технічно справному стані, повинні мати кількісні та якісні світлотехнічні параметри, передбачені в розділі 1 й у робочих проектах на їхнє спорудження або реконструкцію й підтверджені під час приймання в експлуатацію.

Вимірювання світлотехнічних параметрів установок повинні проводитися під час приймання нових, реконструйованих і тих, що пройшли капітальний ремонт, установок. Кількісні значення світлотехнічних показників установок у процесі експлуатації не повинні опускатися нижче ніж 0,9 для магістральних вулиць класів А і Б і 0,85 – для інших об'єктів від нормованого рівня світлотехнічних показників, закладених у їхніх робочих проектах. Методика вимірювань – відповідно до чинних державних стандартів і розділу 3.

Відсоток горіння світильників в освітлювальних установках повинен бути такий: для вулиць і доріг категорії А – 98 %, для інших вулиць і доріг – 95 %, для дворових територій і мікрорайонів – 90 %.

У підземних пішохідних тунелях і надземних мостових пішохідних переходах відсоток горіння світильників повинен становити не менше 90 % як у денному, так й у нічному режимі (у разі числа задіяних світильників у нічному режимі менше ніж 10 допускається один, що не палає).

Контрольні об'їзди ОУ обслуговуючим персоналом повинні проводитися не рідше одного разу на місяць, а позапланові – у разі одержання скарг від населення або зацікавлених організацій і у разі аварійних ситуацій.

Відновлення горіння окремих світильників на магістральних вулицях повинне зазвичай виконуватися у строк, що не перевищує 5 днів, на інших об'єктах – у строк не більше ніж 10 робочих днів із моменту виявлення або надходження повідомлення.

Масову відмову світильників, пов'язану з відмовами розподільної мережі, в обладнанні пунктів живлення та керування усувають протягом доби з моменту виявлення, а на магістральних вулицях упродовж трьох годин.

Пошкодження аварійного характеру повинні усуватися негайно персоналом, наявним у розпорядженні диспетчера.

Періодичні огляди й перевірки обладнання та установок проводять у денний час за планами з періодичністю, що відповідає регламенту.

Порядок приймання в експлуатацію нових і реконструйованих освітлювальних установок зовнішнього освітлення

Робочий проект прийнятих в експлуатацію нових або реконструйованих освітлювальних установок має повністю відповідати вимогам дійсних норм, що повинне бути підтверджене спільним актом організації-замовника й організації-виконавця проекту.

Нові й реконструйовані установки приймає в експлуатацію комісія, до складу якої як обов'язкові члени входять представники замовника, будівельно-монтажній організації і організації, яка приймає установки на баланс й в експлуатацію, а також представники підрядчика, якому установки передаються в експлуатацію.

Освітлювальні установки приймаються комісією після завершення всіх будівельно-монтажних і налагоджувальних робіт відповідно до робочого проекту, погодженого у встановленому порядку з організацією-замовником, що приймає установки на баланс і в експлуатацію.

Робота комісії оформляється актом про приймання в експлуатацію нових або реконструйованих установок за затвердженою формою.

Ремонт установок зовнішнього освітлення

Поточний ремонт охоплює всі роботи з ремонту установок (у період між капітальними ремонтами), що мають на меті забезпечити відновлення нормального зовнішнього вигляду й безпеки обладнання, а також світлотехнічних параметрів установок.

Підрядчиком щорічно повинен складатися і реалізовуватися план поточного ремонту обладнання відповідно до строків, вказаних у регламенті.

Планування підрядчиком поточного ремонту обладнання установок зазвичай повинне поєднуватись із плануванням технічного обслуговування.

Під час оцінювання якості виконання поточного ремонту варто керуватися діючими вимогами. Під час проведення поточного ремонту допускається заміна імпортних світильників на вітчизняні аналогічного призначення та близькі за зовнішнім виглядом.

Після проведення поточного ремонту освітлювальних установок світлотехнічні параметри повинні відповідати чинним нормам.

Капітальний ремонт проводиться з метою відновлення установок до рівня, близького до первісного під час їхнього спорудження. Під час капітального ремонту необхідна комплексна перевірка обладнання із проведенням вимірювань і випробувань, відновленням зношених вузлів і деталей, усуненням усіх виявлених дефектів тощо. Під час проведення капітального ремонту необхідно передбачати виконання вимог, спрямованих на збільшення тривалості безвідмовної роботи обладнання, поліпшення його техніко-економічних показників, безпеки й зовнішнього вигляду.

Склад робіт із капітального ремонту аналогічний складу робіт із поточного ремонту й відрізняється від останнього більшими обсягами проведення ремонтних робіт, заміни елементів обладнання.

Строки виконання капітального ремонту мають відповідати затвердженій нормативній документації.

Унаслідок проведення капітального ремонту повинні бути замінені світильники з минулим терміном служби (неремонтопридатні або з різко зниженими експлуатаційними параметрами) на нові світильники з огляду на максимальне збереження однакової їхньої зовнішньої форми в межах ділянки, вулиці, майдану, бульвару, скверу, що ремонтуються.

Джерела світла у світильниках мають бути повністю замінені на нові з покращеними параметрами.

Пристрої централізованого й децентралізованого керування із закінченням терміну служби, що різко знизили свої експлуатаційні якості, необхідно замінити на нові або ті, що пройшли капітальний відбудовний ремонт.

Після проведення капітального ремонту необхідно виміряти світлотехнічні параметри освітлювальних установок і порівняти їхнє значення з нормованими.

Якість й обсяг завершеного капітального ремонту освітлювальних установок перевіряються комісією у складі представників замовника, підрядчика, який приймає установку в експлуатацію, і представника будівельно-монтажної організації.

Реконструкція освітлювальних установок проводиться за затвердженим робочим проектом й пов'язана з необхідністю заміни фізично або морально застарілого обладнання, включаючи опорні конструкції, світлові прилади, пункти живлення і мережне обладнання з метою підвищення техніко-економічного та якісного рівня установок.

Підставами для планування проведення реконструкції є: перевищення терміну служби головного обладнання, що передбачений нормативно-технічною документацією та інструктивними матеріалами заводів-виробників, змінення категорії об'єкта освітлення шляхово-транспортної мережі, змінення комплексного архітектурного рішення об'єкта, можливість зниження щорічних економічних витрат унаслідок використання нової техніки.

Реконструкція освітлювальних установок вулиць, доріг, майданів повинна провадитися за робочим проектом, виконаним відповідно до «Технічних умов на проектування зовнішнього освітлення» і уточнюючими технічними умовами замовника, який приймає установку на баланс і в експлуатацію.

Приймання реконструйованих установок в експлуатацію має проводитися відповідно до нормативних вимог.

Засоби доступу до світильників зовнішнього освітлення

Витрати на обслуговування установок зовнішнього освітлення повинні бути значно зменшені внаслідок вибору відповідного обладнання з оптимальними характеристиками. Під час вибору обладнання потрібно вважати на такі фактори: висота монтованого обладнання, розміри майданчика, сходи, що ведуть до майданчика, доступ до світильників.

До складу обладнання для технічного обслуговування належать:

Сходи. Пересувні й висувні сходи варто використовувати як засіб доступу до світильників. До того ж їхня конструкція має забезпечувати зручне й безпечне проведення робіт з обслуговування. Електромонтери, які обслуговують світильники зі сходів, повинні мати захисні пояси, які закріплюють під час проведення робіт за яку-небудь нерухому будівельну конструкцію.

Під час обслуговування зі сходів максимальна висота установки світильників має бути не більше ніж 5,5 м.

Автовишки з гідравлічним або механічним приводом повинні застосовуватися зважаючи на забезпечення найбільшої висоти підйому робочої площадки, найбільшої вантажопідйомності, необхідної швидкості підйому й опускання робочої площадки. Базова машина – вантажівка.

Спускні пристрої для високомачтового освітлення.

Вакуумні очисники й повітродувки варто використовувати для видалення пилу з освітлювального обладнання в місцях з ускладненим доступом до світильників.

Складані опори та інші пристрої, що піднімають та опускають, повинні використовуватися для опускання до необхідного рівня і підняття світильника до робочого рівня.

Технологія технічного обслуговування

Чищення світильників варто проводити або на місці, або в спеціальних майстернях, оснащених відповідним обладнанням.

Не менше разу на рік повинен проводитися контроль фактичної освітленості за методиками вимірювань, що викладені у розділі 3.

Зниження рівня освітлення, пов'язане зі зниженням світлового потоку й зміною світлорозподілу світлотехнічних виробів, а також із забрудненням світильників повинне бути усунуте під час технічного обслуговування із заміною ламп, чищенням і заміною компонентів установки.

Заміна ламп повинна проводитися одним із трьох способів:

- індивідуальна заміна, коли замінюється кожна лампа, яка вийшла з ладу;
- групова заміна, коли замінюються всі лампи (які вийшли з ладу та досі придатні) у визначений момент часу, що відповідає тривалості меншій, ніж номінальний термін служби ламп;
- індивідуально-групова заміна, коли в проміжках між груповими замінами проводять індивідуальну заміну перегорілих ламп.

Під час вибору найбільш економічного способу заміни ламп необхідно зважати на:

- тип застосовуваних ламп і доступність до світильників;
- вартість ламп і праці під час їхньої заміни;
- тривалість роботи ламп протягом року;
- вартості під'їзду, видалення та утилізації ламп, які відпрацювали свій строк.

Чищення світильників варто сполучати із заміною ламп. Періодичність чищень повинна відповідати вимогам стосовно різних умов навколишнього середовища й конструктивного виконання світильників.

Методи чищення світильників

Для чищення світильників від забруднення використовують такі методи:

- сухе чищення з використанням дрантя;
- мокре чищення (мийка) холодним миючим розчином на основі мила;
- мокре чищення (мийка) гарячим миючим розчином на основі мила;
- мокре чищення (мийка) гарячим спеціальним миючим розчином на основі синтетичних мийних засобів (СМЗ).

Мокре чищення супроводжується обов'язковим ополіскуванням світильників у чистій воді.

Сухе чищення, проведене змінюваним дрантям, ефективне тільки для закритих відсіків світильників, експлуатованих в умовах слабого або середнього запилення повітряного середовища.

Мокре чищення холодним миючим розчином ефективніше ніж сухе, і може бути рекомендоване для чищення силікатних і пластмасових розсіювачів відкритих і закритих світильників. Такий спосіб чищення не рекомендується для відбивачів, виготовлених методом електрохімічної гальванізації.

Найефективнішим є мокре чищення алюмінієвих відбивачів, зокрема виготовлених методом електрохімічного полірування, гарячим (60–80° С) миючим розчином на основі синтетичних мийних засобів (СМЗ) з низьким піноутворенням і які не містять соду кальциновану й хімічні відбілювачі типу перборату й перкарбонату. Ефективність чищення підвищується за наявності руху миючої рідини. Зрозуміло, що процес чищення таких відбивачів вимагає механізації в умовах майстерень.

Відбиваюча здатність, відбивачів зі слідами поверхневої корозії не може бути відновлена після проведення мокрого чищення гарячим миючим розчином.

Алюмінієві відбивачі, виготовлені методом електрохімічної гальванізації, зі слідами корозії повинні замінятися на нові або відновлюватися. Відновлювати їх рекомендовано шляхом проведення повторного повного процесу електрохімічного полірування (включаючи процес оксидування) в умовах спеціалізованих майстерень заводу.

Відбивачі, виготовлені методом алюмініювання у вакуумі, в яких дзеркальний шар обсипається, оголюючи підкладку, потрібно замінити.

Оптичні відсіки закритих дзеркальних світильників, які працюють в умовах слабкого або середнього запилення повітряного середовища (менш ніж $0,4 \text{ мг/м}^3$) ефективно очищаються шляхом проведення сухого чищення змінюваним дрантям.

Для розсіювачів із полікарбонату, поліметилметакрилату тощо, а також із силікатного скла рекомендується мокре чищення з використанням миючих розчинів.

Пожовтіння, коричневі плями, які з'являються у процесі експлуатації на прозорому або опаловому пластмасовому розсіювачі, або захисних стеклах, які не можуть бути усунуті чищенням, не повинні ставитися в провину експлуатуючим підприємствам під час оцінювання якості їхньої роботи, оскільки це пов'язано зі зміною самого матеріалу.

Відновлювати лакофарбові покриття світильників варто відповідно до інструкції з експлуатації світильників. Зовнішнє фарбування корпусу світильника має відповідати фарбуванню світильників, застосовуваних в установках. Фарбування світильників безпосередньо в установках необхідно проводити за припустимих погодних умов.

Визначення оптимальної періодичності чищення світильників (за матеріалами МКО)

Оптимальна періодичність чищення T для світильників досягається, якщо ціна втраченого світлового потоку дорівнює вартості чищення. Оптимальна періодичність T може бути визначена з виразу:

$$T = C_c / C_a + 2 C_c / LMF^{(1)} C_a \text{ років,}$$

де T – оптимальна періодичність чищення;

C_c – вартість чищення одного світильника, містить вартість чистячого засобу, спеціального інструмента, використання вишки й праці. На вартість праці може впливати тривалість самого чищення.;

C_a – річна вартість зберігання та роботи світильника без чищення, вартість роботи містить амортизаційні витрати на монтаж (частина капітальних витрат у перерахунку на рік), річну вартість електроенергії (рівну використаної енергії у кВт·год помноженої на вартість одиниці електроенергії та вартість заміни лампи (вартість ламп і праці, витраченої на заміну за рік).

$LMF^{(1)}$ – величина коефіцієнта експлуатації світильника в перший рік.

4.5 Економіка експлуатації установок зовнішнього освітлення

Під час визначення витрат на освітлювальну установку під час її техніко-економічного оцінювання необхідно зважати на річні експлуатаційні витрати. Зниження експлуатаційних витрат на освітлення повинне забезпечуватися шляхом:

- підвищення зручності доступу до світильників;
- усунення перенапруги в електричній мережі, що призводить до різкого зниження терміну служби ламп і збільшення споживаної потужності;
- організації і проведення моніторингу.

Моніторинг – систематичне патрулювання для перевірок роботи й виявлення пошкоджень зовнішнього освітлення. Має проводитися за планами й графіками обов'язково, складеними експлуатуючою організацією. Моніторинг варто виконувати за допомогою мобільної лабораторії, оснащеної необхідним і достатнім набором технічних засобів для вимірювання різних параметрів і фіксації пошкоджень зовнішнього освітлення. Оптимальні інтервали моніторингу повинні визначатися на основі техніко-економічних розрахунків, що зважають на прямі (вартість моніторингу) й непрямі (соціальні показники, вартість позапланових ремонтів) показники.

Розрахункові формули для оцінки вартості заміни ламп (за матеріалами МКО)

Вартість індивідуальної заміни лампи C_s :

$$C_s = L + S + E + D, \quad (4.4)$$

де L – вартість лампи;

S – вартість праці (включаючи початкові витрати);

E – вартість під'їзду;

D – вартість видалення й ліквідації лампи.

Вартість заміни групи ламп C_g :

$$C_g = L + B + E + D, \quad (4.5)$$

де L – вартість лампи;

B – вартість групової заміни ламп у перерахунку на одну лампу;

E – вартість під'їзду;

D – вартість видалення та ліквідації лампи.

Вартість індивідуально-групової заміни ламп на одну штуку C_t :

$$C_t = C_g + FC_s, \quad (4.6)$$

де F – частка замінених ламп, які вийшли з ладу до закінчення встановленого терміну (повторної установки).

Методика розрахунку річних експлуатаційних витрат освітлювальної установки

Річні експлуатаційні витрати розраховують на 1 м^2 проїзної частини вулиць, доріг, проїздів і майданів, тобто визначаються питомі величини.

Питомі експлуатаційні витрати визначають за формулою

$$C = C_e + C_l + C_{об}, \quad (4.7)$$

де C_e – питома вартість електроенергії за рік, грн/м²;

C_l – питома вартість замінюваних ламп за рік, грн/м²;

$C_{об}$ – питома вартість обслуговування установки за рік, грн/м².

Значення C_e , C_l , $C_{об}$ знаходять за формулами

$$C_e = \xi P_{св} T K_3; \quad (4.8)$$

$$C_l = K_l T m M / T_l L b; \quad (4.9)$$

$$C_{об} = J_{об} (K_c + K_l) / L b, \quad (4.10)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі, прийнятий рівним 1,03;

$P_{св}$ – потужність світильників, Вт;

T – число годин горіння світильників за рік, год;

K_e – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн;

K_c – вартість одного світильника без лампи, грн;

K_l – вартість ламп у світильнику, грн;

T_l – термін служби ламп, год;

$J_{об}$ – коефіцієнт відносних витрат на обслуговування світильників;

m – число світильників на опорі, шт.;

M – кількість рядів світильників уздовж освітлюваної смуги, шт.;

L – крок ліхтарів або окремих світильників, м;

b – ширина проїзної частини вулиці, проїзду, м.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Що впливає на зниження параметрів освітлювальних установок?
2. Екологічні вимоги та забезпечення екологічної безпеки до освітлювальних установок зовнішнього освітлення.
3. Режим роботи установок зовнішнього освітлення.
4. Порядок приймання в експлуатацію нових освітлювальних установок зовнішнього освітлення.
5. Різновиди ремонтних робіт в установках зовнішнього освітлення.
6. Що є підставою для проведення реконструкції освітлювальних установок?
7. Засоби доступу до світильників зовнішнього освітлення.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК (ГЛОСАРІЙ)

Дорога – спеціально підготовлена поверхня, призначена тільки для руху транспорту.

Дорожнє покриття – покриття верхнього шару дороги:

– **гладкі асфальтобетонні покриття** – покриття зі зниженим вмістом щебіня (або без щебіня), що мають середню висоту виступаючих частин менш ніж 0,5 мм і коефіцієнт зчеплення менше 0,5;

– **шорсткуваті асфальтобетонні покриття** – покриття, що мають висоту виступаючих частин, яка рівна або перевищує 0,5 мм і коефіцієнт зчеплення, що рівний або перевищує 0,5;

– **шорсткуваті освітлені асфальтобетонні покриття** – шорсткуваті покриття, в яких не менше ніж 33 % суміші (за вагою) складає щебінь із проясненого кам'яного матеріалу природного (природний кварц, світлий високоміцний вапняк тощо або штучного (дорсил, синопал, люксовит тощо);

– **покриття перехідного типу** – покриття ґрунто-асфальто-бетонні, щебеневі, гравійні та шлакові з поверхневою обробкою в'язкими матеріалами;

– **покриття найпростішого типу** – ґрунтові, поліпшені мінеральними матеріалами, гравійні, щебеневі й шлакові.

Спостерігач – водій транспортного засобу або пішохід, стосовно якого проводиться розрахування необхідного параметра.

Стандартні умови спостереження (під час розрахування яскравості) – око спостерігача розташоване на висоті 1,5 м над рівнем ДП і віддалене від розрахункової точки на відстань, за якій лінія зору спостерігача спрямована в розрахункову точку під кутом $1^\circ \pm 0,5^\circ$ до площини полотна дороги.

Коефіцієнт яскравості ДП – відношення яскравості ДП у розрахунковій точці, обумовленої променем світла, який падає в цю точку, до освітленості ДП, створеної тим самим променем у тій самій розрахунковій точці.

Редукований коефіцієнт яскравості – коефіцієнт яскравості ДП, помножений на куб косинуса кута падіння променя світла.

Таблиця коефіцієнтів яскравості (ТКЯ) – уніфікована таблиця редукованих коефіцієнтів яскравості ДП, помножених на множник 10^4 , залежно від тангенса кута падіння променя світла й кута відхилення площини падіння від площини спостереження.

Розрахункова точка – точка на реальній поверхні або умовній площині, в якій розраховується необхідний параметр (яскравість, освітленість).

Розрахункова сітка – прямокутна сітка, у вузлах якої розташовані розрахункові точки.

Розрахункове поле – ділянка дорожнього полотна або пішохідного простору, на якій визначена розрахункова сітка й відносно якої під час розрахування яскравості ДП визначене положення спостерігача.

Конфліктна зона – ділянка, де потоки механізованого транспорту перетинаються один з одним або частково використовують ділянки, призначені здебільшого для іншого користувача.

Моніторинг – систематичне патрулювання для перевірки роботи й виявлення несправностей зовнішнього освітлення.

Навігаційне завдання – вибір для користувача дороги або смуги прямування на основі отриманої інформації.

Головний користувач – користувач, який становить більшість на розглянутій ділянці.

Перехрестя – ділянка, де дві або більше дороги з'єднуються або перетинаються на одному рівні.

Розв'язка – різнорівневе сполучення доріг з однією або більше рампами для руху між наскрізними магістралями.

Користувачі – всі учасники руху – автомобілісти, мотоциклісти, велосипедисти, пішоходи, гужовий транспорт.

Ризик криміналу – підвищена небезпека кримінальних ситуацій на розглянутій ділянці в порівнянні з іншими зонами.

Селітебна територія – територія, призначена для розташування житлового фонду, громадських будівель і споруд, включаючи окремі комунальні й промислові об'єкти, що не потребують влаштування санітарно-захисних зон, а також для устрою шляхів внутриміського сполучення, об'єктів озеленення та інших місць загального користування.

Швидкість руху головного користувача – середня швидкість руху користувача, визнаного головним для певної зони. Якщо користувачів декілька, головним вважається механізований транспорт.

Складність поля зору – наявність у полі зору користувача об'єктів, які заважають або дратують користувача, наприклад, оголошення, опори, освітлені будівлі, реклама, сигналізація.

Середньодобова інтенсивність руху – кількість машин, що проходять повз ділянку дороги в обох напрямках за певний період часу.

Тип користувача – категорія людей або транспортних засобів, що є присутніми у транспортній зоні.

Тротуар – пішохідна частина вулиці, що прилягає до проїзної частини.

Вулиця – простір, повністю або частково обмежений будівлями з одного або обох боків, з проїзною частиною для транспорту, з пішохідними й велосипедними доріжками.

Утилітарне зовнішнє освітлення – освітлення, призначене тільки для забезпечення безпечного руху для водіїв механізованого транспорту й пішоходів.

Експлуатаційні значення показників – значення показників, що використовуються у проектах і зважають на:

а) зниження світлового потоку ламп і відсоток виходу їх із ладу в процесі експлуатації;

б) зниження світлового потоку світильників унаслідок забруднення і старіння оптичної системи.

Світлотехнічні поняття

Аварійне освітлення – освітлення, передбачене для евакуації людей і продовження або завершення робіт у разі виходу з ладу головної мережі живлення.

Вертикальна освітленість E_v , лк – освітленість на вертикальній площині.

Вечірнє освітлення – режим роботи утилітарного зовнішнього освітлення в темний час доби, за якому всі світильники освітлювальної установки працюють у номінальному режимі.

Горизонтальна освітленість E_z , лк – освітленість на горизонтальній площині.

Комплекс світловий – група світильників (два й більше) однакового призначення, встановлених на одній опорі.

Коефіцієнт живучості ламп LSF – частина повної кількості ламп, які продовжують працювати в певний момент за певних умов.

Коефіцієнт запасу K_z – розрахунковий коефіцієнт, що враховує зниження освітленості (яскравості) у процесі експлуатації.

Коефіцієнт забруднення світильника $K_{збр}$ – коефіцієнт, що визначає ступінь зниження світлового потоку світильника внаслідок забруднення; залежить від забруднення атмосфери на місці його установки й періодичності чищення.

Коефіцієнт використання світильника за освітленістю η_E – відношення корисно використовуваної частини світлового потоку світильника, що впав на освітлювану поверхню, до світлового потоку лампи. Розрізняються значення коефіцієнта використання для проїзної частини й для тротуару.

Коефіцієнт зниження світлового потоку лампи $LLMF$ – відношення світлового потоку лампи в заданий момент часу до первісного світлового потоку.

Коефіцієнт експлуатації світильника LMF – відношення ККД світильника у певний час до початкового значення.

Коефіцієнт експлуатації установки MF – розрахунковий коефіцієнт, що зважає на зниження освітленості (яскравості) у процесі експлуатації внаслідок забруднення і старіння оптичної системи світильників і джерел світла. Величина, зворотна коефіцієнту запасу.

Мінімальна яскравість (освітленість) проїзної частини L_{min} (E_{min}), кд/м² (лк) – найменше значення яскравості (освітленості) на розглядуваній ділянці проїзної частини.

Загальна рівномірність (яскравості або освітленості дорожнього покриття) U_0 – відношення мінімального значення величини яскравості (освітленості) до середнього.

Загальний індекс передачі кольору R_a – ступінь відповідності зорових сприйняття колірної об'єкта, освітленого використовуваним і стандартним джерелами світла за певних умов спостереження.

Нічне освітлення – режим роботи зовнішнього освітлення в нічний час, за якому яскравість (освітленість) дорожнього покриття знижена в порівнянні з вечірнім режимом.

Показник засліпленості – критерій оцінки сліпучої дії освітлювальних приладів в установці.

Напівциліндрична освітленість (у точці) $E_{нпц}$, лк – характеристика насиченості світлом простору. Відношення $E_z/E_{нпц}$ використовується для оцінки тінеутворюючих властивостей освітлення.

Пороговий приріст T_I – міра оцінки сліпучої дії освітлювальних приладів в установці.

Поздовжня рівномірність розподілу яскравості U_I – відношення мінімальної яскравості покриття до максимальної уздовж осі руху.

Середня освітленість $E_{сер}$, лк – освітленість, середньозважена за площею.

Середня яскравість дорожнього покриття $L_{сер}$, кд/м² – середньозважена на проїзній частині яскравість сухого дорожнього покриття в напрямі ока спостерігача, що знаходиться на осі смуги руху транспорту.

Колірна температура T_K , К – температура чорного тіла, за якій його випромінювання має ту саму кольоровість, що й випромінювання розглядуваного об'єкта.

Передача кольору – загальне поняття, що характеризує вплив спектрального складу випромінювання джерела світла на зорове сприйняття кольорових об'єктів, порівнюване зі сприйняттям тих самих об'єктів, освітлених еталонним джерелом світла.

Крок світильників, м – відстань між ліхтарями або окремими світильниками в одному ряді за лінією їхнього розташування уздовж вулиці.

Яскравість вуалюючої завіси L_v , (кд/м²) – кількісний критерій для оцінки фізіологічної сліпучості. Світлове випромінювання, що розсіюється в очних середовищах, накладається на зовнішню яскравість поля зору й обумовлює зниження контрасту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. EN 12464–2:2007 Light and lighting – Part 2 : Outdoor work places (NEQ).
2. EN 13201–3:2003 Road lighting – Part 3 : Calculation of performance (NEQ).
3. EN 13201–4:2003 Road lighting – Part 4 : Methods of measuring lighting performance (NEQ).
4. ГОСТ Р 55708–2013. Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы. – [Введ. 2014–07–01]. – М. : Стандартинформ, 2014. – 10 с.
5. ГОСТ Р 55708–2013. Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров. – [Введ. 2014–07–01]. – М. : Стандартинформ, 2014. – 24 с.
6. ГОСТ Р 55707–2013. Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров. – [Введ. 2013–07–01]. – М. : Стандартинформ, 2014. – 10 с.
7. ДБН В.2.3–18:2007. Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування. – [Чинний від 2008–07–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 58 с.
8. Салтиков В. О. Освітлення міст : навч. посіб. / В. О. Салтиков. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 221 с.
9. ГОСТ Р 55392–2012. Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения. – [Введ. 2013–07–01]. – М. : Стандартинформ, 2014. – 28 с.
10. ДСТУ Б В.2.2–30:2011. Будинки і споруди. Методи вимірювання яскравості (ГОСТ 26824–86, MOD). – [Чинний від 2012–12–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 17 с.
11. ДСТУ Б.В.2.2–6–97. Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості. – [Чинний від 1997–03–01]. – Київ : Укрархбудінформ, 1998. – 22 с.
12. ДБН В.2.4–4:2010. Полігони зі знешкодження та захоронення токсичних відходів. Основні положення проектування. – [Чинний від 2011–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 32 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Салтиков В. О. Освітлення міст : навч. посібник / В. О. Салтиков. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 221 с.
2. Справочная книга по светотехнике : под ред. Ю. Б. Айзенберга. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
3. ДБН В.2.5–28–2006. Естественное и искусственное освещение. Гос. строительные нормы Украины. – [Введ. 2006-10-01]. – Киев : Минстрой Украины, 2006.
4. Освітлення промислових об'єктів : навч. посіб. для студентів вищих закладів освіти / П.П. Говоров та ін. – Тернопіль : Джура, 2008. – 388 с.
5. Мешков В. В. Осветительные установки : учеб. пособ. для вузов / В. В. Мешков, М. М. Епанешников. – М. : Энергия, 1972. – 360 с.
6. Гуревич М. М. Фотометрия (теория, приборы и методы) / М. М. Гуревич. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
7. Мешков В. В. Основы светотехники Ч. 1. : учеб. пособ. для вузов / В. В. Мешков. – [2-е изд., перераб.] – М. : Энергия, 1979. – 368 с.
8. Анализ влияния наружного освещения на систему суточного ритма человека / М. Ри, Э. Смит, Э. Бирман, М. Фигейро // Современная светотехника: науч.-техн. журнал – 2010. – № 3. – С. 54–58.

ДОДАТКИ

Додаток А

Класифікація об'єктів зовнішнього утилітарного освітлення

Таблиця А.1 – Класифікація вулиць, доріг і майданів з регулярним рухом транспорту

Клас об'єкта	Категорії вулиць, доріг і майданів	Підклас об'єкта	Найбільша інтенсивність руху транспорту в обох напрямках, од. /год.
А	Магістральні дороги, магістральні вулиці, майдани загальноміського значення	А1	Св. 10000
		А2	Від 3000 до 10000
		А3	Від 1000 до 3000
		А4	Менш ніж 1000
Б	Магістральні вулиці й майдани районного значення	Б1	Св. 2000
		Б2	Від 1000 до 2000
		Б3	Від 500 до 1000
		Б4	Менш ніж 500
В	Вулиці, дороги й майдани місцевого значення	В1	500 і більше
		В2	менш ніж 500

Таблиця А.2 – Класи й підкласи пішохідних просторів

Підклас	Найменування об'єкта
П1	Майданчики перед головними входами виставок і стадіонів, входами в гіпер- і супермаркети, виставкові павільйони й на відкриті естради на територіях виставок, території вокзалів й аеропортів.
П2	Головні пішохідні вулиці історичної частини міста й головних громадських центрів адміністративних округів, непроїзні частини майданів, передзаводські майдани, посадкові майданчики громадського транспорту, відкриті пішохідні містки, під'їзні колії до автозаправок із вулиць і доріг категорій А и Б і території автозаправок.
П3	Пішохідні вулиці, головні входи на території загальноміських парків, санаторіїв, допоміжні входи й бічні алеї виставок, допоміжні входи й центральні алеї стадіонів, під'їзні колії до автозаправок з вулиць категорій В.
П4	Тротуари, відділені від проїзної частини; головні проїзди на території мікрорайонів, під'їзди й підходи до корпусів, майданчиків, їдалень дитячих садків-ясел, шкіл, навчальних закладів, санаторіїв і будинків відпочинку, центральні алеї на територіях санаторіїв і будинків відпочинку, на територіях поліклінік, лікарень.
П5	Другорядні проїзди на територіях мікрорайонів, зокрема тротуари-під'їзди, господарські майданчики й майданчики при сміттєзбиральниках, допоміжні входи й бокові алеї загальноміських парків, центральні алеї садів адміністративних округів, проїзди між гаражами, тимчасові автостоянки.
П6	Бокові алеї й допоміжні входи садів, адміністративних округів.

Таблиця А.3 – Підкласи пішохідних просторів

Складність поля зору, складність орієнтації	Наявність інших користувачів стосовно основного	Підвищений ризик кримінальних ситуацій	Необхідність розрізнення осіб	Необхідність привабливого зовнішнього вигляду	Підклас
Так	Так	Так	Так	Так	П1
				Немає	П2
			Немає	Так	П2
				Немає	П3
		Немає	Так	Так	П2
				Немає	П3
			Немає	Так	П3
				Немає	П4
	Немає	Так	Так	Так	П2
				Немає	П3
			Немає	Так	П3
				Немає	П4
		Немає	Так	Так	П3
				Немає	П4
			Немає	Так	П4
				Немає	П5
Немає	Так	Так	Так	Так	П2
				Немає	П3
			Немає	Так	П3
				Немає	П4
		Немає	Так	Так	П3
				Немає	П4
			Немає	Так	П4
				Немає	П5
	Немає	Так	Так	Так	П3
				Немає	П4
			Немає	Так	П4
				Немає	П5
		Немає	Так	Так	П4
				Немає	П5
			Немає	Так	П5
				Немає	П6

Форми протоколу випробувань

Таблиця Б.1 – Загальна інформація

Місце		
Дата		
Час		
Імена осіб, які беруть участь у вимірюваннях		

Б.2 – Геометричні дані

Схема вулиці, у разі необхідності, околиць із розмірами й розташуванням світильників, якщо можливо, доповнені фотографіями. Розташування елементів вуличного оснащення, припаркованих автомобілів та інших перешкод.

Таблиця Б.3 – Дані про дорожнє покриття

Різновид дорожнього покриття	
Вік дорожнього покриття	
Стан дорожнього покриття	
Інше	

Таблиця Б.4 – Дані про лампи й світильники

Світлотехнічний пристрій	Показник
Світильник типу 1	Позначення
	Номер у таблиці
	Нахил (у градусах)
	Висота світлової точки (м)
	Вік
	Дата останнього чищення
	Тип монтажу
	Інші дані
Лампи у світильнику типу 1	Тип
	Потужність (Вт)
	Вік
	Кількість
	ПРА
	Регулювання яскравості
	Інші дані
Світильник типу 2	Позначення
	Номер у таблиці
	Нахил (у градусах)
	Висота світлової точки (м)
	Вік
	Дата останнього чищення
	Тип монтажу
	Інші дані
Лампи у світильнику типу 2	Тип
	Потужність (Вт)
	Вік
	Кількість
	ПРА
	Регулювання яскравості
	Інші дані

Таблиця Б.5 – Дані електроживлення

Найменування показника електроживлення	Значення
Середнє значення напруги під час вимірювання (В)	
Найнижче значення напруги під час вимірювання (В)	
Інше	

Таблиця Б.6 – Умови навколишнього середовища

Умова навколишнього середовища	На початку вимірювання	Наприкінці вимірювання
Погода		
Температура °С		
Видимість		
Дорожня поверхня (мокра, суха або волога)		
Інше		

Таблиця Б.7 – Стан освітлювальної установки

Найменування показника стану ОУ	Опис, значення
Розташування світильників	
Нахил світильників у робочому положенні	
Технічний стан світильників	
Стороннє світло	
Розсіяне світло	
Інші аспекти ОУ	

Таблиця Б.8 – Перелік обладнання для вимірювання

Прилад для вимірювання	Виробник	Модель	Серійний номер	Дата калібрування	Калібрування ¹⁾
Освітленість на площині					
Напівсферична освітленість					
Напівциліндрична освітленість					
Яскравість Кут апертури (°) По вертикалі По горизонталі					
Вольтметр					
¹⁾ у разі необхідності за умовами тендера або специфікації					

Таблиця Б.9 – Протокол та сітка вимірювань

Вид вимірювань	
Висота фотометричної голівки (м)	
Номер приладу	
Використовані діапазони	
Для яскравості: положення фотометричної голівки стосовно раstra	

Маркірування розташування світильників, точок вимірювання, зняті світлотехнічні показники, напрям або напрями для визначення напівциліндричної й вертикальної освітленості в діаграмі.

Таблиця Б.10 – Протокол контролю стану ОУ

Час вмикання освітлення		
Початок вимірювань		
Місце вимірювання 1	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми під час вимірювань	
Місце вимірювання 2	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми під час вимірювань	
Місце вимірювання 3	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми під час вимірювань	
...	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми під час вимірювань	
Місце вимірювання n	Середня освітленість під час вимірювань	
	Відхилення освітленості від норми під час вимірювань	

Таблиця Б.11 – Вимірювання з автомобіля, що рухається

Вимірювання яскравості	Метод вимірювання, наприклад, фотографування для лабораторного аналізу або точкові вимірювання за допомогою яскравоміра	
	Заходи стосовно урахування можливих втрат через коефіцієнт пропускання вітрового скла	
Вимірювання освітленості	Метод вимірювання з огляду на тінь від автомобіля	
Вимірювання яскравості й освітленості	Методи сполучення розташування записуючого вимірювального приладу із точкою вимірювання	
	Можлива похибка сполучення розташування записуючого вимірювального приладу з точкою вимірювання	
	Можлива похибка знятого показника	
	Різновид розрахування характеристик	

Навчальне видання

НАЗАРЕНКО Леонід Андрійович,
ІОФФЕ Кристина Ігорівна

ШТУЧНЕ ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *Ю. О. Васильєва*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *Г. А. Коровкіна*

Підп. до друку 16. 06. 2016
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 3,2
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.